Die modernen

Ordonnanz-Präcisionswaffen

der Infanterie.

Ihre Entwicklung, Construction, Leistung und
ihr Gebrauch

als

Leitfaden zur Kenntniss der Handfeuerwaffen

für

Officiere, Kriegs- und Schiess-Schulen

dem praktischen Bedürfnisse entsprechend

zusammengestellt von

Herrmann Weygand,

Grossherzogl. Hess. Major z. D., Bezirks-Commandeur des 2. Bataillons (Erbach i/O.)
Grossherzogl. Landwehr-Regiments Nr. 117.

Dritter Theil:

Das Schiessen mit Handfeuerwaffen.

Berlin & Leipzig.

Luckhardt'sche Verlagshandlung (Fr. Luckhardt).

(Buchhandlung für Militärwissenschaften.)

1876.

Das

Schiessen mit Handfeuerwaffen.

Eine vereinfachte Schiesslehre.

Mit besonderer Berücksichtigung des deutschen Infanteriegewehrs Modell 1871.

Von

Herrmann Weygand,

Grossherzogl. Hess. Major z. D., Bezirks-Commandeur des 2. Bataillons (Erbach i/O.) Grossherzogl. Landwehr-Regiments Nr. 117.

Berlin & Leipzig.

Luckhardt'sche Verlagshandlung (Fr. Luckhardt).

(Buchhandlung für Militärwissenschaften.)

1876.

Buchdruckerei von G. Otto in Darmstadt.

Herrn Oberst Siegfried,

Chef des eidgenössischen Stabsbureaus

in

Dankbarkeit und Hochachtung

gewidmet.

Vorwort.

„Die Ballistik mit ihrem grossen mathematischen Apparat kann und soll nicht Gegenstand des Studiums aller Offiziere sein, denn sie haben keine Zeit dazu. Es genügt, wenn einige Offiziere, welche die Waffenmodelle aufzustellen haben, diese Wissenschaft verstehen und zu handhaben wissen.

Hingegen kann kein Offizier der mit den Schiesswaffen zu thun hat, die Resultate der Ballistik ignoriren.

Es besteht daher das Bedürfniss den Inhalt dieser Wissenschaft in so einfacher Form darzustellen, dass die gewöhnlichen Vorkenntnisse und die verfügbare Zeit der Offiziere, welche nur für den Felddienst gebildet werden sollen, zur Erwerbung dieser Kenntnisse ausreichen.

Die vorliegende Arbeit verfolgt diesen Zweck, indem sie ein vereinfachtes Verfahren und die graphische Methode einführt und auf die Verhältnisse der hauptsächlichsten Waffenmodelle anwendet.

Je einfacher sich diese Arbeit gestalten kann, desto nützlicher wird sie sein.“

Vorstehendes Urtheil des Herrn Obersten Siegfried, welcher die grosse Güte hatte die Arbeit einer prüfenden Durchsicht zu unterziehen, glaubte ich an die Spitze derselben setzen zu müssen.

Leider konnte ein in liberalster Weise zur Verfügung ge-

stellter Beitrag des Herrn Obersten Siegfried: eine originelle elementare Herleitung des vereinfachten Verfahrens, für die vorliegende Arbeit nicht mehr benützt werden, was nur bei gänzlicher Umarbeitung derselben möglich gewesen wäre. Ein Theil der Leser, welcher sich mit dem Prehn'schen Verfahren nicht vertraut machen will oder kann, wird in Folge dessen allerdings auf die mathematische Begründung einzelner Formeln verzichten müssen.

Der Verfasser erhebt nicht den Anspruch mit seiner Arbeit nur Originales liefern zu wollen, vielmehr beabsichtigt er, das werthvolle Vorhandene und seine eigenen Erfahrungen in einfacher und praktischer Form nutzbar und leicht zugänglich zu machen.

Aus den einschlägigen klassischen Werken von Bylandt, Plönnies, Prehn und Siegfried wurde das entsprechende Material stets wörtlich und thunlichst unter besonderer Anführung entnommen, von der Berücksichtigung ausgehend, das als zutreffend Anerkannte nicht umschreiben, als scheinbar eigenes Product verausgaben, vielmehr das geistige Eigenthum Anderer in seiner ganzen Ursprünglichkeit entschieden wahren zu sollen, um kameradschaftlich: **„Jedem das Seine“** zu belassen.

Sollte an irgend einer, fremden Autoren entnommenen Stelle die Quelle besonders anzuführen unterlassen sein, so ist die Schuld dem Umstande beizumessen, dass die erwähnten klassischen Arbeiten durch das wiederholte Studiren so zu eigen wurden, dass einzelne Stellen sich wörtlich dem Geiste eingeprägt haben und so vielleicht wider Willen als persönliches geistiges Eigenthum erscheinen.

Zu ganz besonderem Danke bin ich in erster Linie Herrn Oberst Siegfried verpflichtet, welcher, wie erwähnt, die grosse Güte hatte die Arbeit zu prüfen und mannigfache sehr werthvolle Rathschläge hinsichtlich der Behandlung und der Anordnung des Stoffes freundlichst zu ertheilen.

Weiter dankend verbunden bin ich meinem Mitarbeiter, dem Königlich Bayerischen Premierlieutenant im 10. Jäger-Bataillon, Herrn Otto Emmerich für die gütige selbstständige Bearbeitung des Abschnitts über die Präcision nach Siegfried, so-

wie für vielfache Unterstützung bei der Abfassung der nachstehenden Blätter überhaupt.

Von wesentlicher Bedeutung ist besonders der von demselben angegebene Ersatz der logarithmischen Ermittelung der Werthe der trigonometrischen Functionen (sin. und tang.) bei hinlänglicher Genauigkeit für die Praxis, durch eine einfache Multiplication der Winkel in Minuten mit der Zahl 3 und Subtraction von 1/10 der Minutenzahl. Diese Emancipation von der Logarithmentafel verleiht den Formeln des vereinfachten Verfahrens erst den wahren praktischen Werth. (S. u. S. 56.)

Dessen originale graphische Lösung der einer mathematischen Behandlung unzugänglichen beiden Probleme der Bestimmung der 50 procentigen Zielstreifendurchmesser aus den Trefferprocenten in gegebenen Zielflächen hat nach dem Urtheile des Herrn Obersten Siegfried eine Lücke der ballistischen Wissenschaft ausgefüllt, welche sehr fühlbar war, und ein reiches Erfahrungsmaterial der wissenschaftlichen Verwerthung erschlossen. (S. u. S. 132 etc. Nr. 6.)

Einen ebenso werthvollen Beitrag bildet auch dessen Ermittelung der Feuerwirkung unter den verschiedensten Umständen und für die verschiedensten Fälle der Praxis, durch die vorgeschlagene Eintheilung der Trefferbilder in 100 aequivalente Rechtecke mit je 1 Procent Treffer und die Methode ihrer Benutzung. (S. u. S. 150.)

In dankenswerther Weise hat auch ferner Herr Premierlieutenant Bickel im 3. Grossherzoglich Hessischen Infanterie-Regiment Nr. 117 und seitheriger Bezirks-Adjutant in der Ausführung der Berechnungen mir seinen Beistand freundlichst gewährt.

Der Bearbeitung des vorliegenden Werkes lag der Gedanke zu Grunde

zunächst das für die Praxis des Truppenoffiziers Nothwendige in populärer Form zu geben — damit möge die manchmal sehr elementare Behandlung des Stoffes entschuldigt werden —;

dann aber sollte auch denjenigen Lesern, welche die ganze Schiesslehre oder einzelne Abschnitte derselben

zum Gegenstande eines eingehenderen Studiums machen wollen, alles Einschlägige in einer Vollständigkeit geboten werden, welche ein Zurückgreifen auf Specialwerke als entbehrlich erscheinen lässt.

Dass der Infanterieoffizier gründliche Kenntniss der Schiesslehre zur würdigen und fruchtbaren Ausübung seines Berufs nicht entbehren kann, ist heute glücklicher Weise nicht mehr erst zu beweisen.

Wenn schon zu einer nutzbringenden Belehrung auf dem Schiessplatze, zur raschen und sicheren Beantwortung der vielen Fragen die sich hier dem denkenden Schiesslehrer aufdrängen und die er von Fall zu Fall, von Schuss zu Schuss beantworten soll, diese Kenntniss der Schiesslehre nothwendig ist, so erscheint es um so mehr als unzweifelhaft, dass dieselbe zum Verständnisse der Eigenschaften des Gefechtsfeuers — und wer ein Instrument anwenden will, sollte doch wohl seine Eigenschaften kennen — geradezu als unentbehrlich bezeichnet werden muss. Ohne sie ist der deutsche Offizier heute nicht mehr im Stande seine Schiessinstruction, die neuen „Bestimmungen über das Scheibenschiessen der Infanterie“ zu verstehen, insbesondere das Kapitel über die Anwendung des Gewehrs M/71 im Felde. Dasselbe ist als erster offizieller Schritt, die Art der Anwendung der modernen Präcisionswaffen auf die in wissenschaftlicher Weise festgestellten Eigenschaften ihres Feuers zu basiren, mit Freuden zu begrüssen, wenn auch die Art der Formulirung dieser Eigenschaften — die Trefferreihen — als endgültiger, die Fälle der Praxis genügend umfassender Ausdruck nicht zu betrachten sein dürfte, da diese Trefferreihen die Anwendbarkeit auf die verschiedenen taktischen Formationen und dieser wieder unter verschiedenen Terrainverhältnissen nicht gewähren. Wie verschiedenartig sich die Feuerwirkung in diesen verschiedenen Fällen (taktische Formationen im Terrain) gestaltet, lehrt ein Blick in die Tabellen des in dieser Beziehung umfassenden Emmerich'schen Werkes, „das Gefechtsfeuer der Infanterie“ (S. u. S. 11) dessen Zahlen durch die grossen Spandauer Versuche für den Specialfall: „Feuerwirkung auf Linie in ebenem Terrain“ — auf welchen sich diese beschränkten — eine eklatante Bestätigung erhielten

und dessen Studium dem Leser die unabweisbare Ueberzeugung aufdrängt, dass die Untersuchung dieses Specialfalles allein nicht genügt um die Eigenschaften des Infanteriefeuers so festzustellen, dass die Art der Anwendung der Waffe im Allgemeinen darauf basirt werden kann.

Gleichwohl darf man nunmehr der sicher begründeten Hoffnung Ausdruck geben, dass die taktisch ballistische Wissenschaft, nachdem sie einmal einen officiellen Boden gefunden, sich in gesunder Weise fortentwickeln und dass auf diesem Wege die Ausbildung der deutschen Infanterie auf die Höhe ihrer Bewaffnung gelangen werde. Die deutsche Armee kann sich auf diesem Gebiete einen mächtigen Faktor der Ueberlegenheit schaffen, der den anderen grossen Armeen auf lange Zeit hinaus unerreichbar ist, da nur das Gesammt-Offizierscorps der deutschen Infanterie die genügenden Grundlagen für diejenige Fachbildung besitzt, welche unerlässlich ist. zu einer rationellen Anwendung des Infanteriefeuers im Gefechte, wie sie die neuen deutschen „Bestimmungen über das Scheibenschiessen der Infanterie“ anbahnen. —

Was unsere Waffenlehren über das Schiessen bringen, kann dem Infanterieoffizier nicht mehr genügen. Der Verfasser glaubt, dass das Bedürfniss nach einer „vereinfachten Schiesslehre“ in der deutschen Armee ein umfassendes geworden und hofft durch seine Arbeit zum Ausbau dieses Lehrzweiges anregend mit beitragen zu können.

Erbach, i. O., 16. April 1876.

H. Weygand.

Inhalts-Verzeichniss.

I. Einleitung.

1. Technik und Ballistik.

Die bisher üblichen Methoden zur Bestimmung der Flugbahngrössen 1

2. Das vereinfachte Verfahren zur Bestimmung der Flugbahngrössen . 9

3. Allgemeine Betrachtungen.

a. Benennungen und Bezeichnungen der Flugbahngrössen . . . 13

b. Bedeutung und Abhängigkeit der einzelnen Flugbahngrössen . 19

c. Nutzen der Kenntniss der Flugbahngrössen für die Praxis . . 27

II. Beiträge zur Theorie des Schiessens.

A. Die mittlere Flugbahn.

Das vereinfachte Verfahren der Bestimmung der Flugbahngrössen.

a. Die mathematische Herleitung.

1. Die Abgangswinkel 30

2. Die Einfallwinkel 38

3. Die Scheitelordinaten 44

4. Die Abscissen des Culminationspunctes 48

5. Die Ordinaten der Flugbahnen 51

6. Die bestrichenen Räume 63

7. Zusammenstellung der Formeln des vereinfachten mathematischen Verfahrens zur Ermittelung der Flugbahngrössen 67

b. Die graphische Herleitung der Flugbahngrössen 68

c. Der Gang des vereinfachten Verfahrens 95

d. Die Anwendung des vereinfachten Verfahrens zur Ermittelung der Flugbahngrössen des deutschen Gewehrs M/71 96

B. Die Präcision.

I. Die Streuungsgarbe der Geschosse 111

II. Die Ermittelung der Präcision.

1. Der mittlere Treffpunct 115

2. Die Präcisionsmasse 116

3. Die Trefferprocente in den Zielstreifen 117
4. Allgemeines Trefferbild 118
5. Die Trefferprocente in den Rechtecken der Scheibenbilder . 127
6. Die graphische Bestimmung der 50%gen Zielstreifendurchmesser aus den Trefferprocenten in gegebenen Zielflächen . 132
7. Die Ursachen und die Zusammensetzung der Streuung . . 141
8. Die Präcision der Bewaffnung 142
9. Die Fehler des Schützen 143
10. Die Fehler im Distanzschätzen 143
11. Die bestrichenen Räume der Streuungsgarbe 146

C. Die Percussion.

III. Beiträge zur Praxis des Schiessens.

1. Die Bestimmung der Visirhöhen- und Winkel durch die Beschiessung 159
2. Der Vibrationswinkel 170
3. Die Bestimmung der Flugbahnordinaten 175
4. Die Ermittelung der Visirwinkel aus den Ordinaten einer Beschiessung 178
5. Die Ablenkungen der Geschosse durch Construction und Gebrauch der Waffe.

a. Die Verhältnisse der Construction der Waffe.

1. Die Derivation 183
2. Die Lage von Visir und Korn gegenüber der Verticalebene des Schusses 183
3. Der Einfluss von Bajonnet und Gewehr-Ringen 184

b. Die Verhältnisse beim Gebrauch der Waffe.

1. Das Nehmen des Korns 187
2. Das Klemmen des Korns 189
3. Das Verdrehen des Gewehrs (Kanten des Visirs) 190
4. Ablenkungen durch den Wind 192
5. Der Rückstoss 194

IV. Das Prehn'sche mathematische Verfahren.

a. Die Anwendung der Prehn'schen Formeln 200
1. Die Prehn'schen Formeln 201
2. Die Anfangsgeschwindigkeit 203
3. Die Visirwinkel 204
4. Die horizontale Schussweite und Correctur der Visirwinkel . . 205
5. Die Einfallwinkel 206
6. Die Geschwindigkeiten an jedem beliebigen Puncte der Bahn . 207
7. Die Flugzeiten 209
8. Die Coordinaten des Culminationspunctes 210
9. Die Ordinaten der Bahn 210
10. Das Maximum des bestrichenen Raums 211
11. Der bestrichene Raum jenseits des Maximums 213
b. Die Vergleichung des Prehn'schen und des vereinfachten Verfahrens 214

V. Anhang.

Zusammenstellung einiger modificirter Formeln des vereinfachten Verfahrens und anderer Formeln zur Berechnung der Flugbahn . . . 215
1. Die Abgangswinkel 215
2. Die Einfallwinkel 218
3. Die Scheitelordinaten 218
4. Die Flugbahnordinaten 219
5. Die bestrichenen Räume 223
Zusammenstellung der modificirten Formeln des vereinfachten Verfahrens und einiger anderer üblichen Formeln 226

I. Einleitung.

1. Technik und Ballistik.

Die bisher üblichen Methoden zur Bestimmung der Flugbahngrössen.

Seit die Technik der Infanterie-Waffe (die Kenntniss der Construction, Herstellung und Behandlung der Gewehre) in ihrer ganzen entscheidenden Wichtigkeit erkannt ist, hat man aufgehört, sie als einen Appendix der Artillerie-Wissenschaft zu behandeln. Sie hat auch literarisch (besonders von Deutschland aus, durch die Werke von Schön, Rüstow, Plönnies) ihre selbstständige Entwickelung genommen und bildet jetzt, schon wegen ihrer engen Beziehung zur Taktik und Organisation, ein wichtiges Studium für jeden Infanterie-Officier, der einigermassen mit der Zeit vorangehen will.

Weniger lässt sich das von der Ballistik (der Lehre der Bewegung der Geschosse) der Handfeuerwaffen behaupten, obgleich die Kenntniss der Gestalt der Geschossbahnen unerlässlich ist für die Aufstellung praktischer Zielvorschriften, für die Abhaltung rationeller Schiess-Uebungen und Schiess-Instructionen, für die Annahme taktischer Formen und Grundsätze.

Aber auch das höhere und tiefere Studium der Waffe ist entschieden praktisch, insbesondere wird sich die Ausbildung der Infanterie-Officiere in der Technik und Ballistik des Gewehrs ganz unmittelbar auf dem Schlachtfelde rentiren (v. Plönnies und Weygand, Deutsche Gewehrfrage. S. 40, für die Folge im Text angezogen als: v. Pl. u. Wgd. D. G.).

Bei unbestreitbar gleichem Anspruch auf allgemeine Beachtung ist diese letztere Disciplin weit weniger beliebt, als die Technik, für deren Verständniss man sich leichter, auch ohne besondere Vorkenntnisse, befähigt glaubt. Die geringere Zugänglichkeit der Ballistik liegt theils in den Schwierigkeiten des Stoffes selber, theils aber auch in dem Mangel solcher Bücher, welche im unmittelbaren Anschluss an das praktische Bedürfniss zunächst eine ganz übersichtliche Beantwortung und weiterhin eine leicht verständliche Erklärung aller derjenigen Fragen enthalten, welche dem Infanterie-Officier, dem Techniker, dem experimentirenden Dilettanten oder Physiker bei seiner Beschäftigung entgegentreten. —

Es ist bekannt, dass das von Newton aufgestellte Gesetz, wonach der Luftwiderstand im Quadrat der Geschwindigkeit wächst, nur in denjenigen Fällen als richtig gelten kann, in welchen sich die Geschosse mit geringen Geschwindigkeiten bewegen, und zur nachhaltigen Ueberwindung dieser Widerstände eine verhältnissmässig bedeutende Masse besitzen. So lange man nur glatte Feuerwaffen mit starken Ladungen und daher auch grossen Geschwindigkeiten der kugelförmigen Geschosse hatte, deren Masse in keinem günstigen Verhältnisse zum Querschnitt stand, war das Newton'sche Luftwiderstandsgesetz nicht genau zutreffend, wesshalb man durch Aenderung desselben der Wahrheit näher zu kommen suchte. Diesen Bemühungen verdanken wir die Aufstellung einer Reihe von mehr oder weniger einfachen Luftwiderstandsgesetzen und daraus entspringenden Gleichungen der Geschossbahnen, welche allerdings höchst werthvoll, deren Anwendung jedoch — trotz der ballistischen Tafeln des Generals Otto — nur bei ganz besonderer mathematischer Befähigung möglich erschien und einen nicht unbedeutenden Aufwand an Zeit und Geduld erfordern. Schon aus diesem Grunde ist es erklärlich, dass sich die Ballistik seither keinen rechten Eingang verschaffen konnte. Es kam aber noch hinzu, dass die Resultate der Rechnung auch bei der besten Theorie sich doch nur an die beim Schiessen zu erhaltenden mittleren Werthe anschliessen konnten und dass man bei den grossen Streuungen der glatten Feuerwaffen nicht im Stande war, jene Werthe mit hinlänglicher Sicherheit festzustellen.

Dies hat sich nun durch die Einführung der neueren Präcisionswaffen wesentlich geändert. Es ist naheliegend, dass die Ergebnisse der Rechnung sich jetzt auch schärfer an die des Schiessens anschliessen konnten; dass aber die Gesetze, nach welchen die Geschosse der gezogenen Feuerwaffen sich bewegen, in äusserst einfacher Weise und doch mit grosser Schärfe durch die von Newton begründete ballistische Theorie sich ausdrücken lassen, hat Feuerwerkslieutenant Prehn noch als Oberfeuerwerker in seiner Schrift: „Die Ballistik der gezogenen Geschütze“, Berlin 1864 bei Mittler und Sohn (nachstehend als Pr. B. angezogen) überzeugend nachgewiesen. Prehn gibt im Allgemeinen die schon von Newton aufgestellten Gleichungen; es gebührt ihm aber das Verdienst, der Erste gewesen zu sein, der von den verwickelten Gestalten früherer Theorien zur einfachen Newton'schen Lösung zurückkam und deren vollständige Anwendbarkeit für das Schiessen mit Geschützen darlegte.

Der Grund, weshalb sich das quadratische Luftwiderstandsgesetz auf die Bahnen der Langgeschosse mit grosser Schärfe übertragen lässt, während es doch bei den Rundgeschossen nicht anwendbar erschien, liegt, wie schon bemerkt, in dem günstigeren Verhältniss der Masse zum Querschnitt, wodurch das Projectil zur nachhaltigen Ueberwindung des Luftwiderstandes befähigt wird. So beträgt beispielsweise das Gewicht der preussischen 6pfündigen Kugel von 91,54 mm. Durchmesser 2,8 Kilo, des früheren 6pfündigen Langgeschosses desselben Kalibers dagegen 6,84 Kilo.

Eine zweite, fast ebenso wichtige Ursache des geringeren Luftwiderstandes liegt sodann in dem veränderten Verhältniss von Geschoss- und Ladungs-Gewicht, in Folge dessen bei Langgeschossen im Allgemeinen auch kleinere Geschwindigkeiten und hierdurch weniger bedeutende Widerstände resultiren.

Die vordere Zuspitzung der Geschosse mag auf leichteres Durchschneiden der Luft und somit auf bessere Ueberwindung wenigstens einigermassen, wenn auch nur in sehr unwesentlichem Betrage influiren.

Ob und in wie weit sich nun das fragliche Gesetz auch auf die Projectile der tragbaren Waffen anwenden lasse, konnte man **à priori nicht bestimmen.**

Sofort nach Erscheinen der Prehn'schen Schrift — 1865 — suchte ich die Anwendbarkeit der erwähnten Theorie auf die Handfeuerwaffen zu constatiren durch Ermittlung der Anfangsgeschwindigkeit und der Luftwiderstands-Constanten unter Zugrundelegung der aus Beschiessungen resultirenden Reihen der Visirwinkel, sowie der Gewichts- und Kaliber-Verhältnisse der Geschosse. Aus jenen errechneten beiden Grössen wurden alsdann nach dem Prehn'schen Verfahren sämmtliche ballistische Fragen für die damaligen Ordonnanz-Handfeuerwaffen der verschiedenen Kalibergruppen gelöst und zwar:

I. Waffen des ersten — grossen — Kalibers.*

1) Französisches Infanterie-Gewehr M/1842 transformé mit dem Geschoss Nessler.
2) Französische Büchse — carabine sans tige — mit dem Geschoss M/1859.

II. Waffen des zweiten — mittleren — Kalibers.

1) Preussisches Zündnadelgewehr M/41 mit dem alten Lang-Blei.
2) Russisches Infanterie-Gewehr M/1857 mit dem Minié-Geschoss.
3) Grossherzoglich Hessisches Infanterie-Gewehr M/1858 als Typus der süddeutschen Gewehre mit Expansionsgeschoss ohne Spiegel nach Plönnies.

III. Waffen des dritten — kleinen — Kalibers.

1) Schweizerisches Infanterie-Gewehr M/1863 mit dem Geschoss Buholzer.
2) Schweizerisches Jäger-Gewehr M/1856 mit dem Geschoss Nessler.
3) Englische Whitworth-Büchse mit dem englischen Whitworth-Geschoss.
4) Amerikanisches Hinterladungs-Gewehr Henry.**

---

* Die Eintheilung der Kaliber siehe I. Theil S. 21.

** Die Details der Waffe und ihrer Munition, sowie die Ergebnisse der Berechnung siehe: „Deutsche Gewehrfrage von Plönnies und Weygand", II. Abschnitt: Ballistische Leistungen der Handfeuerwaffen bis 1866. Die

Die Vergleichung der Resultate der Berechnung mit denen des Schiessens lieferte den vollgültigen Nachweis:

dass die auf das quadratische Luftwiderstandsgesetz basirte Theorie sich mit grosser Uebereinstimmung an die wirklichen Ergebnisse des Schiessens anschliesst und desshalb für deren Vervollständigung und Prüfung mit vollem Vertrauen verwendet werden kann.

Neben der Genauigkeit ihrer Resultate, welche natürlich oben anzusetzen ist, besteht ein grosser Vortheil dieser Theorie darin, dass auch der minder Geübte, wenn derselbe nur mit Logarithmen zu rechnen versteht, sich ihrer mit grösstem Vortheil bei Beschiessungen etc. bedienen kann.

Von der durch die Derivation der Geschosse bedingten doppelten Krümmung der Geschossbahnen ist abgesehen und werden dieselben desshalb nur als einfache Curven betrachtet. Es konnte dies um so unbedenklicher geschehen, als die unendlich vielen, mehr oder minder geistreichen Hypothesen über diesen Gegenstand keine eigentlich brauchbare Ergänzung der Magnusschen Theorie mehr geliefert, sondern eher bewiesen haben, dass eine genaue Formulirung des Derivationsgesetzes wenigstens für die Geschosse der Handfeuerwaffen, weder ausführbar noch erforderlich ist.

In einem späteren Aufsatze im 74. Bande des 37. Jahrgangs (1873, S. 189 etc.) des Archivs für die Artillerie- und Ingenieur-Officiere des deutschen Reichsheeres: „Ueber die bequemste Form des Luftwiderstands-Gesetzes“ hat Prehn nachgewiesen: „dass die Grundgleichung der Flugbahnen nicht als eine Abkürzung der allgemeinen auf das quadratische Luftwiderstands-Gesetz gegründete Entwickelung gehalten werden kann, vielmehr die geschlossene Form eine reine Folge des

---

nach dem Jahre 1866 beabsichtigte Herausgabe des „Handbuch der Ballistik“ (siehe v. Plönnies, Neue Hinterlader. Vorwort S. XVIII; im Text als v. Pl., N. H. angezogen). musste in Folge des allgemeinen Uebergangs zu den Hinterladern kleinen Kalibers für die Ordonnanz-Handfeuerwaffen unterbleiben, während die Arbeit sich noch auf die damals eingeführten Ordonnanz-Vorderlader gründete.

biquadratischen Gesetzes ist.“ Zugleich wird aber dargethan, „dass innerhalb der Grenzen, welche unsere Beobachtungen gestatten, es vollkommen gleichwerthig ist, welche Form des Gesetzes der Rechnung zu Grunde gelegt wird. Man hat eben zu bedenken, dass alle Beobachtungen, wenn sie selbst auch richtig sind, einerseits Mittelzahlen, andererseits die Folgen von nicht absolut erkennbaren oder stetigen Ursachen sind. Wenn z. B. auf 50 M. Entfernung von der Mündung des Geschützes 400 M. Geschwindigkeit und auf 900 M. eine solche von 300 M. gemessen worden wäre, so würde es für die Praxis ganz gleichgültig sein, ob ein anderesmal die Mittelzahlen 430 resp. 297 gemessen würden, aber das zu erkennende Gesetz kann durch solche Schwankungen sehr empfindlich alterirt werden.

Es wird sich darum zeigen, dass es für die Artillerie ein ganz werthloses Streben ist, hinfort noch näher die Potenz des Luftwiderstands-Gesetzes erkennen zu wollen, sondern dass die Aufgabe der Flugbahnlehre darin bestehen wird, sich durch die Aufstellung einfachster Rechnungsformen für die Besprechung praktischer Fragen nützlich zu machen.“ —

Zwei deutsche Autoritäten in Technik und Ballistik der Infanterie-Gewehre — der k. k. österreichische Feldmarschall-Lieutenant und Präses des technischen und administrativen Militär-Comités Arthur Graf Bylandt-Rheidt und der eidgenössische Oberst Siegfried — lieferten in den Jahren 1868 resp. 1871 klassische Beiträge zur Ballistik der gezogenen Handfeuerwaffen.

In dem 6. Heft des Jahrgangs 1868 der Mittheilungen über Gegenstände der Artillerie- und Kriegswissenschaften, herausgegeben vom k. k. Artillerie-Comité, hat Bylandt in dem „Beitrag zur Ballistik der gezogenen Handfeuerwaffen“ (im nachstehenden Text als Byl. B. angezogen) ein Rechnungsverfahren niedergelegt: „durch welches die Gestalt der Flugbahn, die wirkliche Grösse des Abgangs-, beziehungsweise des Vibrationswinkels, die Anfangsgeschwindigkeit und der Luftwiderstand ermittelt werden können, welches ein Mittel bietet, die aus den Schiessresultaten unter verschiedenen Witterungsverhältnissen ermittelten Visirwinkel in eine regelmässig fort-

schreitende Reihe zu bringen und überhaupt aus den nur für einige Distanzen ermittelten Visirwinkeln jene für andere berechnen zu können.“ (Byl. B. S. 332.) Die daselbst gegebenen Gleichungen stützen sich auf das biquadratische Luftwiderstands-Gesetz und ist ihre Anwendbarkeit an der Hand der Versuche mit dem österreichischen Werndl-Gewehr durch Beispiele erläutert.

Siegfried hat in seinem „Beitrag zur Schiesstheorie, angewendet auf das Schiessen mit den schweizerischen Handfeuerwaffen. Bern 1871“, unter Hinweis auf das 1870 in Aarau erschienene XII. Kapitel, VI. Theil: „Schiessen mit Geschützen“, des „Handbuchs für schweizerische Artillerie-Officiere“ sein mathematisches und insbesondere originelles graphisches Verfahren zur Beantwortung der ballistischen Fragen eingehend behandelt, und in Beispielen in klarster Weise dargelegt (im Text als Sgfd. Sch. Th. angezogen). Dasselbe gestaltet sich besonders dadurch sehr einfach und praktisch, dass an Stelle der Visirwinkel die Visirhöhen oder Aufsätze in Tausendstel der Länge der Vergleichungslinie (s. S. 14) ausgedrückt, die Grundlage der ballistischen Betrachtungen bilden. Die Zahl der Aufsatztheile gibt dann die Erhöhung in mm. auf ein Meter Distanz an oder durch 1000 getheilt unmittelbar die wirkliche Länge der geometrischen Tangente des Schusswinkels. (s. S. 15.)

Einen weiteren Beitrag zur Ballistik der Handfeuerwaffen hat der niederländische Kapitän der Infanterie J. van Dam van Isselt in seinem Werke: „De Kogelbaan der getrokken vuurwapens met eene wiskundige inleidung“ geliefert, dessen 4. und Schlusslieferung in der Kürze erscheinen wird. Die in dem Werke niedergelegten ballistischen Untersuchungen und Berechnungen führen den Herrn Verfasser zu nachstehendem Urtheil:

„Als Resultat der angestellten Untersuchungen — gegründet auf die Uebereinstimmung der Ergebnisse der Praxis und der Formeln, welche mit Bezug auf jene den Zusammenhang constatiren, der zwischen Ursachen und Folgen besteht, — glaube ich, dass man mit einem hohen Grad von Zuverlässigkeit annehmen kann, dass

bei den Geschossen der gezogenen Handfeuerwaffen der Luftwiderstand sehr nahezu im Verhältniss der vierten Potenz der Geschwindigkeit zunimmt,

und dass dies Gesetz bis zu den Distanzen von 1800 bis 2200 Meter für die verschiedenen Bahnen der gezogenen Feuerwaffen sehr gut anwendbar ist und der Einfachheit der Formeln wegen alle Empfehlung verdient". (Einleitung S. 5 und 6 ebendaselbst.)

Da das von Prehn angegebene Verfahren nur zur Anwendung für gezogene Geschütze beleuchtet ist, soll die Benutzung desselben für Handfeuerwaffen am Schlusse dieses Werkes für die Leser angegeben werden, welche sich mit der Ballistik und insbesondere dem Prehn'schen Verfahren näher beschäftigen wollen. Dasselbe erfordert ausser der Kenntniss des Gewichtes und Kalibers des Geschosses nur noch die Kenntniss der Visirwinkel der zugehörigen Waffe, um sämmtliche ballistische Daten berechnen zu können.

Für diejenigen Officiere, welche sich nicht eingehender mit ballistischen Arbeiten beschäftigt haben und beschäftigen können, ist nachstehend ein vereinfachtes und elementares Verfahren zusammengestellt, wodurch dieselben in Stand gesetzt werden, mit den einfachsten Mitteln, ohne den Gebrauch der Logarithmen und anderer Bücher, die gegebenen Aufgaben mit vollständiger Genauigkeit zu lösen.

2. Das vereinfachte Verfahren zur Bestimmung der Flugbahngrössen.

Wenn auch die bisher üblichen Methoden zur Ermittlung der verschiedenen Flugbahngrössen, insbesondere gegenüber dem früher eingehaltenen Verfahren wesentlich vereinfacht sind und nur eben eine genügende Gewandtheit zur Berechnung der Formeln mit Hülfe der Logarithmen beanspruchen, so sind aber immerhin dieselben — umständlich und zeitraubend in der Ausführung — doch nur geeignet, in der Ruhe und Muse des Studirzimmers in Anwendung gebracht zu werden. Ein Bedürfniss ist daher eine Verfahrungsweise, welche ohne grossen Aufwand an Zeit und Arbeit, selbst ohne Kenntniss der Logarithmen, ja selbst mit dem Gewehr in der Hand auf dem Scheibenstande gestattet, sich die wesentlichsten Grössen der Flugbahn schnell, einfach und für die Praxis doch mit vollständig ausreichender Schärfe berechnen und somit einzelne einschlägige Fragen gleich an Ort und Stelle beantworten zu können.

Diese sehr bedeutende Vereinfachung des von Prehn eingeschlagenen Weges gründet sich, wie S. 245 der D. G. bemerkt, auf die Reihe der reinen Geschoss-Abgangswinkel, also der beobachteten Elevationswinkel, unter Berücksichtigung der Vibration (s. u.). Diese Winkel können ohne allzu erheblichen Fehler als eine durch den Nullpunkt gehende arithmetische Reihe der zweiten Ordnung ausgedrückt und auf graphischem Wege als eine im Nullpunkt der Coordinatenachse eintreffende, gegen die Abscissenachse convex gekrümmte Curve, dargestellt werden,

Das Verfahren ist, wenn auch nicht absolut mathematisch richtig, doch jedenfalls eben so gut oder noch besser als manches andere, welches weit mehr Zeit und Umstände erfordert, ohne eine so anschauliche rasche Charakterisirung und gleichmässige kritische Uebersicht einer grossen Anzahl verschiedener Modelle leicht zu gewähren. Wer über irgend eine Waffe einige zuverlässig beobachtete Visirwinkel in der Hand hat und die Vibration derselben kennt, wird sich leicht und schnell überzeugen, ob eine im Nullpunkt eintreffende Curve resp. eine arithmetische Reihe der zweiten Ordnung im leichten Anschluss an die wirklichen Resultate zwanglos herzustellen ist, nemlich durch Correcturen, welche kleiner sind als die unvermeidlichen Verschiedenheiten und Mängel der Beobachtung. Liegt aber diese Uebereinstimmung vor, so kann man das vereinfachte Verfahren mit aller Zuversicht anwenden und dabei eine Leichtigkeit der ballistischen Behandlung erzielen, wie sie in dem altüblichen ballistischen Vorgehen nicht erzielt wird. (v. Pl. u Wgd. D. G. S. 245.)

In der Darstellung dieses vereinfachten Weges wird in der Art zu Werke gegangen, dass auch der im Rechnen aus der Uebung Gekommene oder der Mindergeübte sich ohne grosse Mühe und Studium alsbald zurechtfinden kann, ohne vorher aus mathematischen Werken das Nöthige aufsuchen zu müssen. Unbeschadet der stets angestrebten Kürze werden daher an den nothwendig erscheinenden Stellen Beispiele angedeutet oder ausgeführt, welche den Suchenden alsbald auf den kürzesten einzuschlagenden Gang mit allem Verständnisse leiten. Diese Vorführungsweise ist sicherlich für die Meisten, welche diese Zeilen benutzen werden, vollständig überflüssig. Indessen hat dieselbe insofern ihre Berechtigung, als dadurch viele Leser weniger abgeschreckt werden, den ballistischen Betrachtungen näher zu treten, wenn ihnen für das erste Eingehen der Weg so leicht und so einfach wie möglich gemacht wird, sie unbemerkt über den Schrecken vor Ballistik und ballistischen Berechnungen wegkommen und Andere sich wieder rascher ohne weitere Hülfsmittel zurechtfinden.

Im Capitel V „Ballistische Bemerkungen“ der deutschen Gewehrfrage sind bereits die beiden Plönnies'schen Formeln,

von welchen dieses Verfahren ausgeht, und deren Anwendung niedergelegt.

Eine mathematische Uebereinstimmung dieses mit dem umständlicheren ballistischen Wege kann nicht erwartet werden, wohl aber hinlänglich genau zutreffende Werthe.

Die entschiedene Leichtigkeit der ballistischen Behandlung bietet den grossen Vorzug, dass nunmehr auch die Discussionen taktischer Fragen, welche sich eng an die Leistungen der Waffen in den verschiedenen Fällen der Feld-Praxis anschliessen, also taktisch-ballistische Arbeiten, wesentlich vereinfacht sind. Eine derartige Arbeit: „Das Gefechtsfeuer der Infanterie von O. Emmerich, Premierlieutenant im Königlich Bayerischen 10. Jägerbataillon, 1875, Fr. Luckhardt in Berlin, Cassel und Leipzig“ behandelt:

I. Das directe Feuer (gegen stehende und knieende Zielobjecte) nnd zwar:

Trefferprocentzahlen für die gezielten Schüsse auf 17 verschiedene taktische Formationen auf 300, 500 und 800 Meter Entfernung und zwar bei aufgelegtem, freihändigem und gefechtsmässigem Schiessen, in letzterem Falle unter den Annahmen, einmal der bekannten Distanz und dann der unbekannten Distanz, der Schütze mithin den Schussweiten entsprechende Distanzschätzfehler macht.

Für das zuletzt genannte Schiessen wurden die Trefferprocente unter Annahme verschiedener Terrainwinkel (der Winkel der Längsachse des Zielobjects mit der normalen Visirlinie) berechnet.

II. Das indirecte Feuer und zwar:

Trefferprocentzahlen für die auf eine vordere (auf 200, 500 und 800 Meter stehende) Plänklerkette gezielten, rückwärtige Abtheilungen treffende Schüsse. Die Treffer auf diese Abtheilungen wurden ebenfalls für 17 verschiedene taktische Formationen in der Stärke von einem Zug bis zu einem Bataillon berechnet und diese Trefferobjecte dabei unter verschiedenen Lagewinkeln (den Winkel, den die Verbindungslinie von Ziel- und Treff-Object mit der normalen Visirlinie auf das Zielobject bildet) angenommen.

Den meisten Berechnungen liegen die ballistischen Daten des aptirten Zündnadelgewehrs M/62 zu Grunde, doch wurden auch die mit den alten glatten Vorderladern und die mit dem deutschen Gewehr M/71 auf die nämlichen Ziele und Entfernungen zu erwartenden Trefferprocente berechnet.

Zweck des Buchs ist, einen festen Boden zu schaffen für die Besprechung der schwebenden taktischen Fragen, die eine definitive Lösung nur dann finden können, wenn man sich über die Natur des Gefechtsfeuers der Infanterie klar geworden ist; die Naturgesetze des Gefechtsfeuers sprechen sich klar in den Zahlen der Tabellen des Werkes aus.

3. Allgemeine Betrachtungen.

a. Benennungen und Bezeichnungen der Flugbahngrössen.*

Im luftleeren Raume und unter alleiniger Einwirkung der Pulvergase und der Schwere würde das Geschoss die sogenannte parabolische Curve beschreiben, deren zweite Hälfte der ersten congruent ist, deren höchster Punct also in der Mitte derselben liegt.

Der vom Geschoss durch die Einwirkungen der Pulvergase, der Schwere, sowie des Luftwiderstandes und der Rotation dagegen zurückgelegte Weg a b c (Fig. 1) — die Flugbahn des Geschosses — bildet, je nach der Grösse dieser Einwirkungen, eine jener parabolischen mehr oder weniger ähnliche Curve, die sogenannte ballistische Linie. deren zweite Hälfte stärker gekrümmt als die erste ist, deren höchster Punct daher nicht in der Mitte liegt.

Die Flugbahn kann für die gleiche Waffe als eine unbiegsame krumme Linie betrachtet werden, so dass jedes Stück a b m einer näheren Entfernung a m = a n** als ein Theil der ganzen Curve anzusehen ist.

---

* Siehe Siegfried, Beitrag zur Schiesstheorie, S. 15 ff.

** Für das österreichische Wänzl-Gewehr ist z. B. auf 500 Meter die Ordinate der Bahn von 600 Meter = 4,28 M., daher $a\,m = \sqrt{a\,n^2 + n\,m^2} = \sqrt{500^2 + 4{,}28^2} = 499{,}99$ Meter, also mit hinlänglicher Genauigkeit a m = a n = 500 Meter.

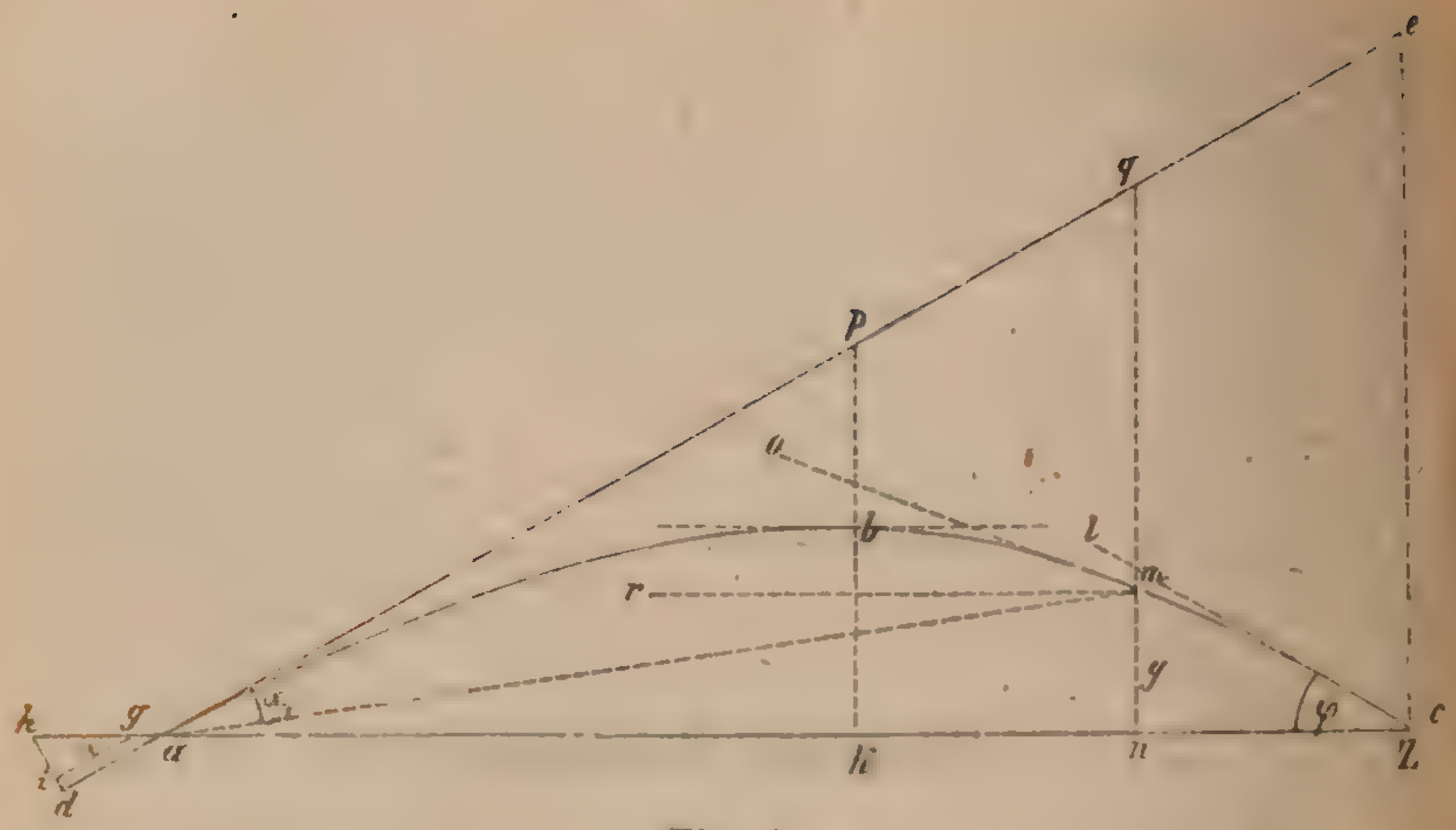


Fig. 1.

Von der durch die Rotation der Geschosse etc. verursachten doppelten Krümmung der Flugbahn — der Derivation der Geschosse — kann bei den Handfeuerwaffen, wie bereits erwähnt, Abstand genommen werden.

In dem Visirdreieck ghi ist die Parallele gi durch die Kornspitze g, die Vergleichungslinie, deren Länge mit l bezeichnet wird. Die Kathete ih stellt die Visirhöhe oder den Aufsatz, meist durch h in Längenmass ausgedrückt, die Hypothenuse hg, die Verbindung der Kornspitze mit der Mitte des oberen Visireinschnitts; also bei gestrichen Korn, die Visirlinie, dar.

Der Winkel hgi wird der Visirwinkel benannt, meist mit α und für die verschiedenen aufeinander folgenden Distanzen mit α_1, α_2 ... α_n angegeben.

Zwischen der Geschossbahn, den Verlängerungen ae resp. ac der Rohr- oder Seelenachse ad der Waffe und der Visirlinie ah, welche, da von der Derivation der Geschosse abgesehen wird, in einer Ebene, der Vertical-Ebene des Schusses, liegend angenommen werden, finden nunmehr die nachstehenden Beziehungen und in dem Flugbahndreieck aec die folgenden Bezeichnungen statt.

Die Verlängerung ae der Rohrachse ad gibt die Anfangsrichtung des Geschosses an, ist daher Tangente im Anfangs-

puncet m der Bahn oder der Distanz Null und bildet mit der verlängerten Visirlinie hc den Schusswinkel eac, welcher gleich ist dem Visirwinkel hgi oder had.

Die Verlängerung gc oder ac (da ig und da mit Hinsicht auf die Grösse der Flugbahn als zusammenfallend betrachtet werden können) der auf den Zielpunct Z gerichteten Visirlinie hg — die Ziellinie — schneidet die Bahn im Punct c, dessen Entfernung ac von der Waffe die Schussweite oder Distanz für den angewendeten Schusswinkel eac darstellt. Die aufeinander folgenden Distanzen werden mit x_1, $x_2 \ldots x_n$ bezeichnet.

Aufgabe der Schiesskunst ist es, das Zusammentreffen des Punctes der Schussweite mit dem Zielpunct zu bewirken und in der Voraussetzung dieses Ereignisses wird in der Theorie der vereinigt gedachte Punct der Treffpunct im Zielpunct genannt.

Der erste Theil ab der Flugbahn bis zu ihrem höchsten Puncte b, dem Scheitel- oder Culminationspunct, ist der aufsteigende Ast, der letzte Theil bc der absteigende Ast der Flugbahn.

Die Tangente om in irgend einem Puncte der Bahn bildet mit der Horizontalen mr den Neigungs- oder Tangentenwinkel omr.

Die Tangente im Scheitel ist horizontal, der Neigungswinkel also gleich Null. Die Höhe bk des Scheitels gibt die Scheitelordinate, die Ordinate des Culminationspunctes, — durch y_{Sch} oder y ausgedrückt — die Entfernung ak die Scheiteldistanz oder die Abscisse des Scheitels — durch x_{Sch} bezeichnet — an.

Die Tangente cl im Endpunct c der Bahn, dem Punct der Schussweite, zeigt die Richtung der Bahn im Treffpunct im Ziele und bildet mit der Ziellinie den Einfallwinkel oder Fallwinkel lca, welcher mit φ_1, $\varphi_2 \ldots \varphi_n$ für die aufeinander folgenden Distanzen markirt wird.

Die Verticalen pb, qm zwischen der verlängerten Seelenachse und der Flugbahn werden die Fallhöhen, auch Pfeilhöhen genannt, so dass ec die Endfallhöhe der Bahn abc

auf der Entfernung a c darstellt. Sie werden für die aufeinander folgenden Distanzen mit p_1, $p_2 \ldots p_n$ ausgedrückt.

Die verticalen Abstände m n etc. einzelner Bahnpuncte m etc. über der Ziellinie werden als Flughöhen oder Ordinaten der Flugbahn einer Schussweite für die aufeinander folgenden Zwischen-Distanzen oder Abscissen a n etc. durch die Buchstaben y_1, y_2 ... y_n gekennzeichnet.

Zur Vereinfachung der Theorie sind die Visir- und Einfallwinkel, sowie die Ordinaten der Bahn nicht auf eine Horizontale, sondern auf die Ziel- oder verlängerte Visirlinie bezogen, gleichviel ob der Zielpunct bis zu einer gewissen Grenze höher oder tiefer als die Mündung liegt.

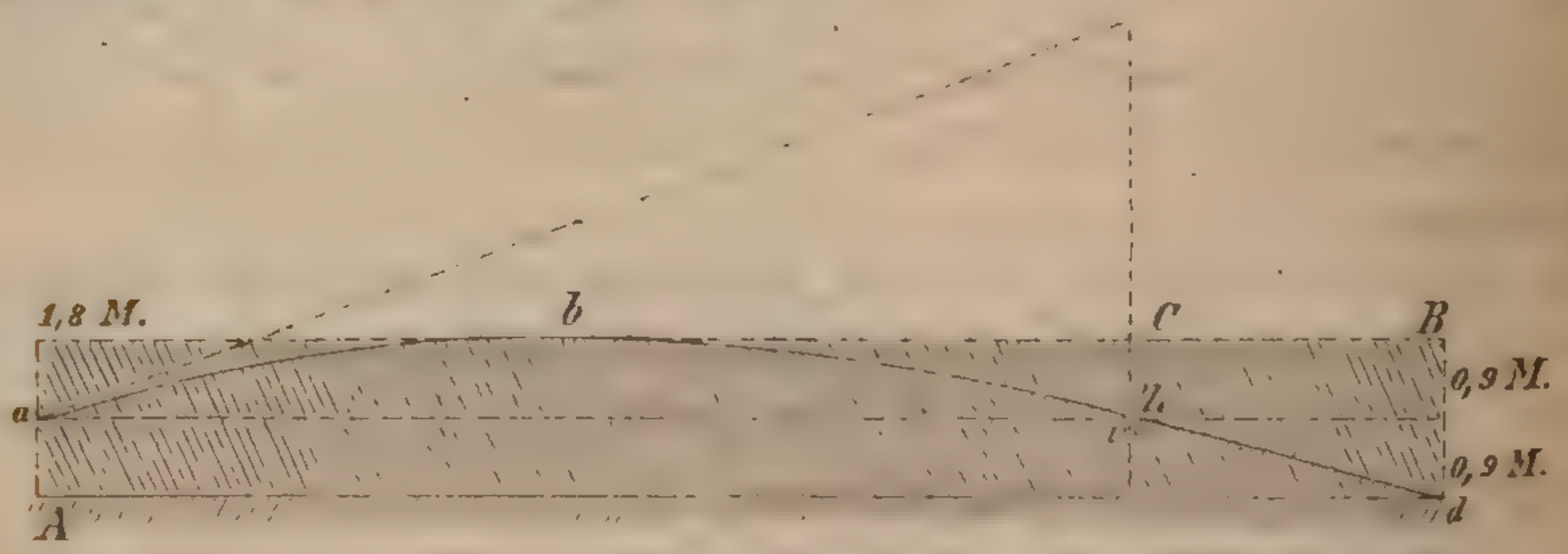


Fig. 2.

Die Flugbahn a b c d (Fig. 2), welche an einer Parallelen auf Mannshöhe tangirt, wird benannt: die Bahn des Maximums des bestrichenen Raums, a c die Visir- oder Kernschussweite, d der Geschossaufschlagpunct, der ganze Raum A B das Maximum des bestrichenen Raums, A C der bestrichene Raum vor, C d hinter dem Ziel, a c und C B speciell noch die Länge der bestrichenen Räume vor und hinter dem Ziel.

Für die Distanzen jenseits des Maximums des bestrichenen Raums ist die Zone A B (Fig. 3) vom Schneidepunct des letzten Bahnstücks mit der Parallelen auf Mannshöhe und dem Aufschlagpunct der bestrichene Raum, A D und A C die Höhe und die Länge des bestrichenen Raums, A E und E C die Längen der bestrichenen Räume vor und hinter dem Ziel.

Zur Entfernung der Mündung a i. Geschossaufschlag ist die Total-Schussweite etc

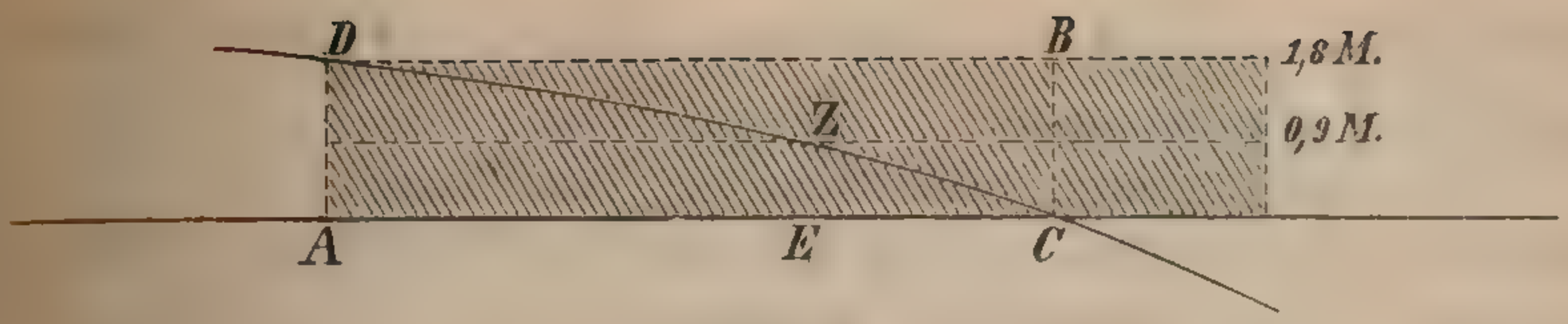


Fig. 3.

Die Abmessungen der auf die Flugbahn bezüglichen Linien werden nach Metern gerechnet, die horizontalen Entfernungen jedoch in Meterhunderten angegeben und nach den Distanznummern 1, 2, 3 ... n bezeichnet, so dass immer $100\,n = x$, also $n = x/_{100}$ ist.

Die Winkel werden in Graden, Minuten und Sekunden der Sexagesimaltheilung zum Ausdruck gebracht.

Die Mannshöhe wird zu 1,8 M., die Reiterhöhe zu 2,5 Meter und für beide Zielobjecte die Anschlaghöhe und

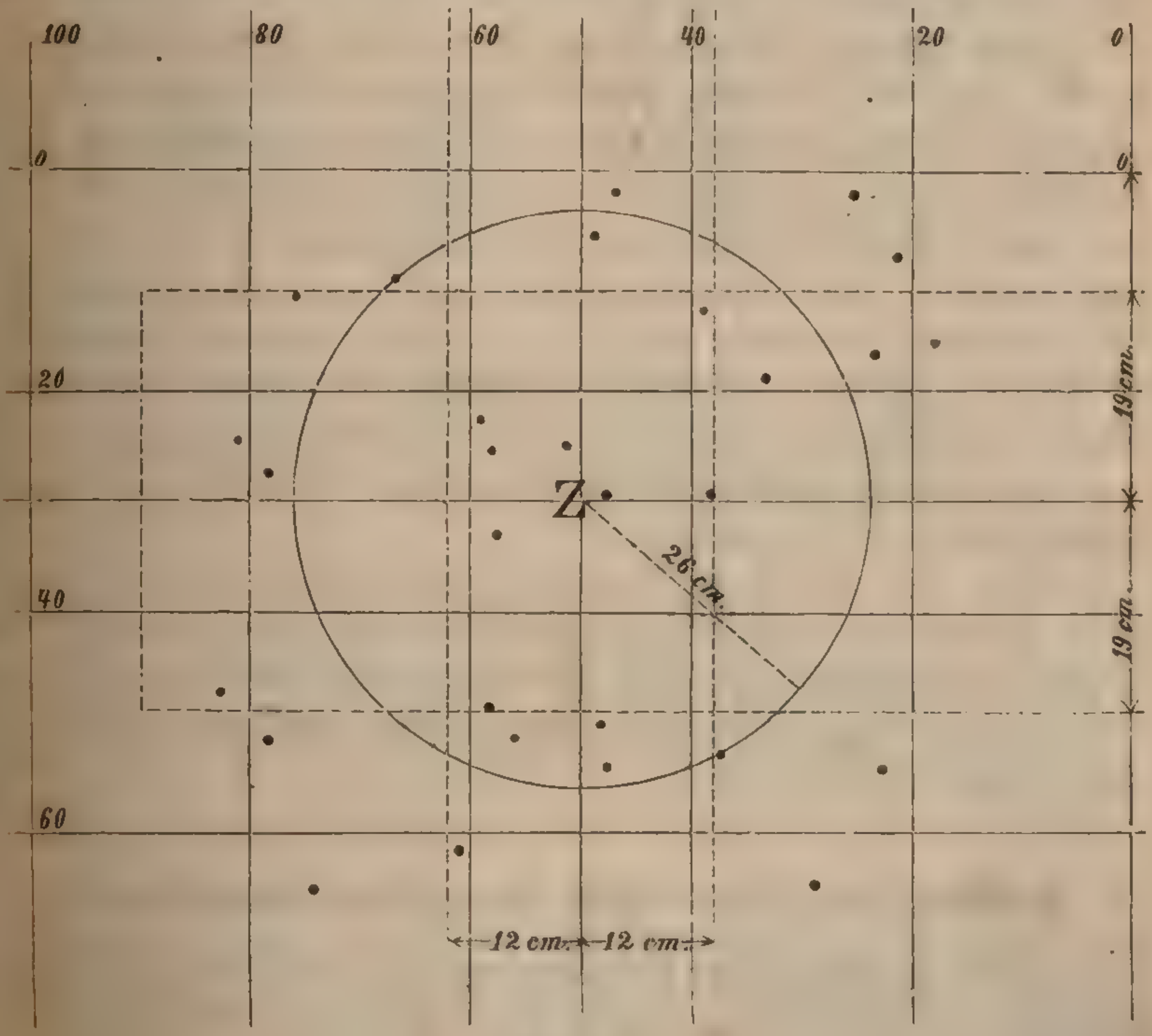


Fig. 4.

die Zielpuncthöhe gewöhnlich auf 0,9 Meter, also halbe Mannshöhe angenommen.

Die Anschlaghöhe beim Schiessen im Liegen wird meist zu 30 cm., im Knieen zu 90 cm. und im Stehen zu 125 cm., zuweilen auch zu 140 cm. festgesetzt. —

Ist die fortschreitende Bewegung des Geschosses sehr gross, also auch die Projection AC (Fig. 3) des Theils DC der Flugbahn zwischen deren Schneidepunct D mit der Parallelen DB auf Mannshöhe und dem Aufschlagpunct C auf dem Boden, so wird die Bahn langgestreckt, bestrichen, rasant genannt und in diesem Sinne von der Rasanz der Bahn gesprochen.

Die Bahn, welche den Zielpunct der betreffenden Distanz schneidet, also Treffpunct im Zielpunct, ist die ideale oder mittlere Flugbahn. Nicht alle Geschosse folgen aber dem mittleren Geschoss, die meisten Treffpuncte gruppiren sich um den Zielpunct Z (Fig. 4).

Die Flugbahnen bilden daher eine Garbe, die Streuungsgarbe um die mittlere Bahn (s. unten d. Präcision). Je näher die Treffpuncte dem Zielpuncte liegen, je kleiner die Radien der Kreise oder Streifen, in welchen sämmtliche oder nur die Hälfte aller Geschosse am Ziel einschlagen — die Streuungsradien der Streuungskreise resp. der horizontalen und verticalen Zielstreifen (s. unten die Präcision) — desto präciser schiesst die Waffe. In dieser Auffassung wird die Präcision des Geschosses in Betracht gezogen.

Die Durchschlagskraft der Geschosse am Ziel wird auch deren Percussion genannt.

Diese drei Factoren: Rasanz, Präcision und Percussion bilden die Grundbedingungen der Einzelleistung der Waffe. Die Leistung in einer bestimmten Zeit, die Gesammtleistung, ist, von der Construction des Verschlusses abhängend, Gegenstand der Technik.

b. Bedeutung und Abhängigkeit der einzelnen Flugbahngrössen.

Die **Visirwinkel** der Handfeuerwaffen bezeichnen die durch Versuche ermittelten Neigungen der Seelenachse des Laufs zur Horizontalen, welche für die verschiedenen Distanzen erforder-

lich sind, um den Treffpunct der mittleren Bahn für jede Schussweite in den Zielpunct zu verlegen.

Die Grösse der Visirwinkel basirt auf der Grösse der fortschreitenden Bewegung des Geschosses, welche, als Product von dessen Masse und Geschwindigkeit, von den Verhältnissen zwischen dem Kaliber und den Gewichten von Ladung, Geschoss und Waffe abhängt. Eine relativ bedeutende Ladung, also ein bedeutendes Gewicht der Ladung gegenüber demjenigen des Geschosses — d. i. das sog. Ladungsverhältniss — dessen Grenzen unzulässige Uebelstände, wie zu starken Rückstoss oder schädliche Einwirkungen auf die Waffe bestimmen, begründet eine grosse **Anfangsgeschwindigkeit**, welche noch erhöht wird wenn das Gewicht des Projectils nur einen geringen Betrag des Gewichts der Waffe repräsentirt.* Durch ein bedeutendes Gewichtsverhältniss des Geschosses gegenüber der Einheitsfläche seines Quereinschnitts — das sog. Belastungsverhältniss —, sowie durch günstige Constructionsverhältnisse des Geschosses zur leichteren Ueberwindung des Luftwiderstandes (glatte Oberfläche, massiv ohne jede Höhlung), wird die so begründete und erhöhte Anfangsgeschwindigkeit beharrlicher ausgenützt, besser verwerthet, langsamer vermindert, also eine **grössere fortschreitende Bewegung** zu Gunsten eines weniger raschen Wachsens der Visirwinkel — was seinen Ausdruck in dem grösseren oder geringeren Betrag der zweiten Differenz δ der Visirwinkelreihe (s. u.) findet — erzielt: mithin nur durch Verhältnisse, wie sie das kleine Kaliber zu bieten im Stande ist.

Nur wenn dem Geschoss eine grosse fortschreitende Bewegung innewohnt, wenn es also in der Zeiteinheit einen sehr grossen Weg zurücklegt, oder mit anderen Worten eine sehr geringe Flugzeit für die einzelnen Distanzen bedarf, wird das Geschoss das Hauptstreben der Waffentechnik: eine rasante Flugbahn erreichen. Der Hauptnachdruck, der auf die sehr geringe Flugzeit gelegt werden muss, beruht auf der im quadratischen

---

* Die Arbeitsleistung der Gase vertheilt sich nämlich im umgekehrten Verhältniss der Gewichte auf Gewehr und Projectil: je schwerer das Geschoss im Verhältniss zur Waffe, ein um so grösserer Theil der Pulverwirkung wird durch den Rückstoss absorbirt, also dem eigentlichen Zweck des Schiessens entzogen und auf den Schützen selber zurückgewendet (v. Pl. N. St. 1, S. 180).

Verhältniss der Flugzeiten wachsenden Einwirkung der Schwere. Je geringer die Flugzeit, desto geringer die Fallräume (Fig. 1 c c), welche dem Geschoss am Ende seiner Flugbahnen zur Disposition gestellt werden müssen, um die betreffenden Distanzen zu erreichen. Mit anderen Worten: desto kleiner sind die Visirwinkel.

Die Visirwinkel kommen in den Visireinrichtungen der Gewehre mit den einfachsten Mitteln, den einzelnen um je 100 Einheiten wachsenden Entfernungen entsprechend und zwar in einer mit denselben zunehmenden Genauigkeit, (v. Pl. N. St. I, S. 231), zum Ausdruck.

Diese Einrichtungen stellen entweder wie bei:

den **Quadrantenvisiren** (Italien, Schweiz) Elevationswinkel dar, welche mit den wachsenden Entfernungen die sechszehn- bis zwanzigfache Grösse der Visirwinkel erreichen,

oder wie bei:

den **Leiter-** und **Treppen-Schiebervisiren** (Deutschland, Oesterreich, Russland, England, Frankreich etc.)

die Tangenten der Visirwinkel: die Visirhöhen dar.

Diese Grössen sind durch deutliche den Distanzhunderten entsprechende Striche an den Quadrantenbacken oder den Leitern der Visire markirt. Nach vorhergegangener Schätzung wird der Visireinschnitt in die der Schussweite entsprechende Stellung gebracht, so dass demnächst die verlängerte Verbindung von Visireinschnitt h und Kornspitze g den Zielpunct Z (Fig. 1) erreicht, der dann in Folge dieser Lage der Seelenachse auch zugleich den Treffpunct der mittleren Flugbahn aufnehmen wird.

Die Kenntniss der Visirwinkel für die einzelnen Distanzen ist mithin das erste Erforderniss für Theorie und Praxis des Schiessens, also für den Schiessgebrauch der Waffe; sie bildet weiterhin die Grundlage für die Kenntniss der Gestalt der Bahn, also für ihre Leistung, welche wieder von einschlagender Bedeutung für die Annahme taktischer Formen und Grundsätze ist.

Die praktische Ermittelung der Visirwinkel durch Schiessversuche wird in den praktischen Beiträgen weiter unten dargelegt und daselbst gezeigt, wie sich die Visirwinkel der Hand-

feuerwaffen zwanglos, im engsten Anschluss an die Resultate der Beschiessung mathematisch in arithmetischen Reihen der zweiten Ordnung, also mit gleichen zweiten Differenzen ausdrücken und graphisch als einfach gekrümmte, nach der Abscissenachse convexe Curven darstellen lassen. Weiter wird dort nachgewiesen werden, wie sowohl Reihe als Curve bis zum Nullpunct oder der Distanz Null verlängert, nicht, wie erwartet werden konnte, für die Distanz Null auch den Visirwinkel Null, sondern eine für die verschiedenen Gewehrmodelle zwischen 2 bis 30 Minuten liegende Elevation, in zwei Fällen selbst negative Beträge von 2,6 und 3,9 Minuten, ergeben, wonach also die Seelenachse im Moment des Schusses sich senken resp. heben muss. Der Grund dieser Erscheinung wird aus der Vibration der Waffe beim Schiessen nach abwärts resp. aufwärts (Fig. 5) hergeleitet werden, wodurch das Geschoss eine

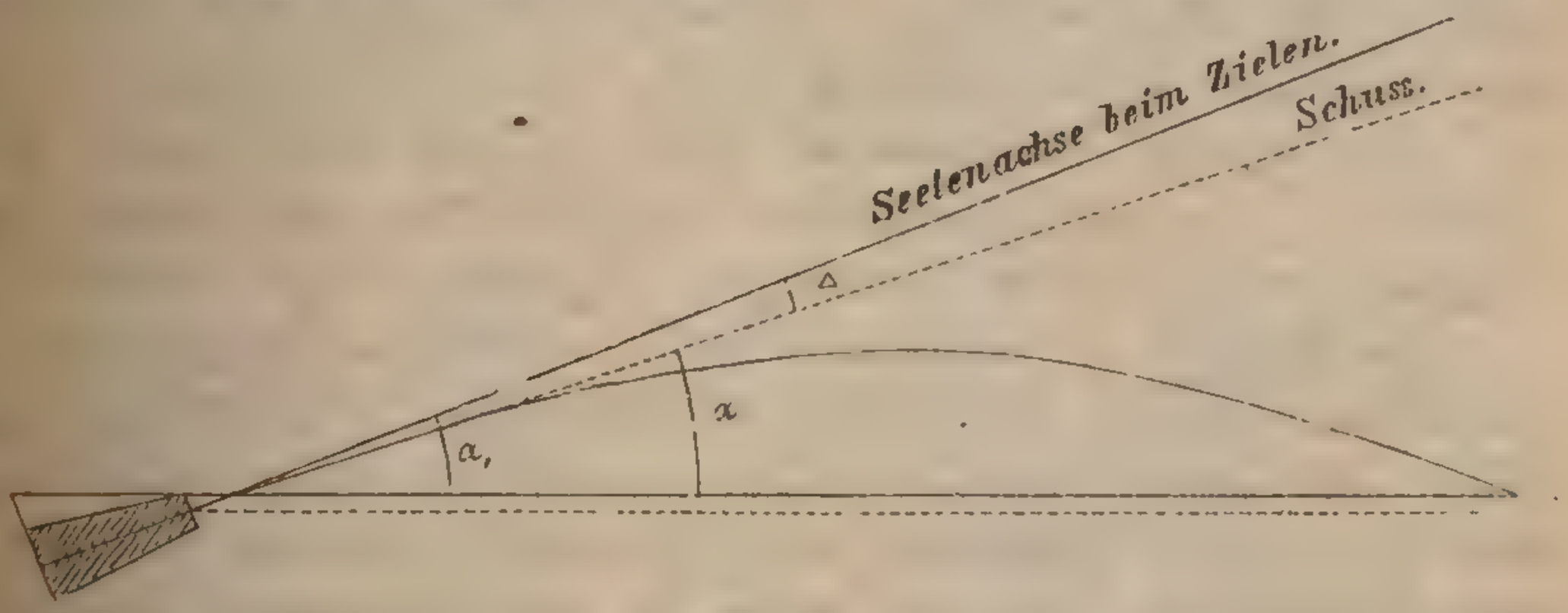


Fig. 5.

Depression resp. Elevation in den obigen Grenzen erfährt, so dass:

der praktisch angewendete **Visir**winkel α_1 um den Betrag Δ des **Depressions**- oder **Elevations**winkels grösser resp. kleiner ist, als der wirkliche **Geschoss-Abgangs**winkel α, also

$$\alpha = \alpha_1 \mp \Delta \, . —$$

Die Depressions- resp. Elevationswinkel sind nun wie unten im Abschnitt: „III. Beiträge zur Praxis des Schiessens. 2. Der Vibrationswinkel“, näher dargelegt wird, in Folge von unvermeidlichen geringen Verschiedenheiten der Abmessungen der ein-

zelnen Exemplare der Waffen desselben Systems — ungünstiges Zusammenfallen der gestatteten Maximal- und Minimal-Toleranzen etc. — keineswegs sämmtlich gleich gross, somit auch die Visir- resp. Geschoss-Abgangswinkel derselben für die gleichen Distanzen verschieden.

Da nun die hiernach eigentlich für jedes Gewehr erforderliche, ihm eigenthümliche Visireintheilung selbstverständlich nicht praktisch durchführbar ist, muss dieselbe auf die mittlere Flugbahn der ganzen Bewaffnung basirt werden. Jedem Manne muss desshalb aber auch wenigstens, zur Ausgleichung dieses Umstandes, für die Dauer seiner Ausbildung eine und dieselbe Waffe belassen werden, um in Berücksichtigung deren Eigenthümlichkeiten — ob regelmässig zu kurz oder zu weit schiessend (d. i. Tief- oder Hochschuss auf der Scheibe), nach rechts oder links streuend — mindestens im Frieden, so lange der erregbare Schütze sich eben noch nicht selbst als Scheibe fühlt, die mittlere Friedens-Präcisionsleistung der gesammten Bewaffnung und das unbedingteste Vertrauen zu seiner eigenen Waffe selbst, erreichen zu können. (Vergleiche auch van Dam van Isselt: de kogebaan der getrokken vuurwapens. S. 126.)

Die Theorie des Schiessens kann ihren Betrachtungen, wenn nur Winkelgrössen bestimmter Entfernungen in Rechnung zu ziehen sind, auch nur die Geschoss-Abgangswinkel und nicht die um die Depression resp. Elevation grösseren bez. kleineren Visirwinkel zu Grunde legen, da ihre Erwägungen von der Voraussetzung ausgehen, dass der Distanz Null auch der Visirwinkel Null entspricht. Nur wenn die Theorie auf die Differenzen der Winkel zweier verschiedener Distanzen sich stützt, ist es gleichgültig, ob die Differenzen der Abgangswinkel oder der Visirwinkel benutzt werden, da beide ja gleich gross sind. (Siehe unten.)

In den ballistischen Formeln sind entweder die Abgangswinkel selbst, wie fast allgemein üblich, eingeführt, oder wie in der Schweiz gebräuchlich, die auf eine bestimmte Länge der Vergleichungslinie bezogene Visirhöhe (Erhöhung in Millimeter auf 1 Meter Distanz) gewählt.

Die Visirwinkel der horizontalen Distanzen können, nach Versuchen, auch beim Bergaufschiessen mit Handfeuerwaffen, bis

zu Terrainwinkeln von 5 bis 10 Grad angewendet werden. (Vergl. Sgfrd. Schiessen mit Geschützen. S. 10.)

Die Einfallwinkel bezeichnen die Richtung des Geschosses in dem wichtigsten Theile seiner Bahn und liefern zugleich ein wesentliches Element zur Beurtheilung der Wirkung der Waffe, da von ihrer Grösse die Gestalt des absteigenden Astes der Bahn und somit auch die Grösse des bestrichenen Raumes vor und hinter dem Ziel abhängt (s. Siegfried, Bericht über die Schiessversuche zur Bestimmung der Visirhöhen im Jahre 1864, S. 90; im Text als Sgfrd. B. angezogen).

Die Grösse der Einfallwinkel ist ebenfalls eine Function der Grösse der fortschreitenden Bewegung des Geschosses, also der beharrlichen Ausnutzung, d. i. langsamen Verminderung der für die Wirkung des Geschosses im quadratischen Verhältniss in Frage kommenden Anfangsgeschwindigkeit. Sie setzt sich zusammen aus dem Visirwinkel und in Folge des Luftwiderstandes noch eines Summanden, der im quadratischen Verhältniss der Distanz wächst, und im einfachen Verhältniss der arithmetischen Zunahme der Visirwinkelreihe, ausgedrückt im Betrage ihrer zweiten Differenz δ, steht. (Siehe Formel $\mathfrak{Z}\mathfrak{U}$: $\varphi = \alpha + n^2\,\delta/2$) Je grösser die fortschreitende Bewegung ist, also je leichter und beharrlicher der Luftwiderstand vom Geschoss überwunden wird, um so geringer werden die Differenzen von Einfall- und Visirwinkel, um so enger der Anschluss der Bahngestalt an diejenige der Parabel im luftleeren Raum, also um so rasanter die Flugbahn (vergl. auch von Plönnies Zündnadelgewehr S. 50; im Text als v. Pl. Z. angezogen).

Wie die Länge des bestrichenen Raumes ist auch die Grösse der Ordinaten der Flugbahn ein Resultat der Einfallwinkel. Ihre Kenntniss ist desshalb, wie erwähnt, zur Beurtheilung der Wirkung einer Waffe und zur Vergleichung der Wirkungen verschiedener Waffen erforderlich.

Die Einfallwinkel lassen sich, ebenso wie die Abgangswinkel, mathematisch in arithmetischen Reihen der zweiten Ordnung, welche durch den Nullpunct gehen, ausdrücken, deren zweite gleiche Differenz die charakteristische Eigenschaft besitzt, dass sie doppelt so gross ist als diejenige der Abgangswinkel. (Siehe Formel $\mathfrak{H}$.) Selbstverständlich lassen sie sich dann auch gra-

phisch in Curven darstellen, welche durch den Nullpunct der Distanzen gehen.

Zur Berechnung der Einfallwinkel können wiederum nur die Geschoss-Abgangswinkel und nicht die Visirwinkel, in Folge der angedeuteten Voraussetzungen, den theoretischen Betrachtungen zu Grunde gelegt werden.

Wie bei den Abgangswinkeln erwähnt, werden auch die Einfallwinkel in den ballistischen Formeln entweder direct im Winkelmass der Sexagesimaltheilung oder in ihren Tangenten (die Senkungen in Millimeter auf 1 Meter Distanz) zum Ausdruck gebracht.

Die Ordinaten des Culminationspunctes der Bahn liegen nicht wie bei der, in Bezug auf diesen Punct symetrischen Curve des luftleeren Raumes in der Mitte der Schussweite, vielmehr um etwa $^1/_{20}$ der Distanz jenseits derselben.

Diese Scheitelordinaten geben bei der Vergleichung der Bahnen verschiedener Gewehrmodelle einen genügenden Anhalt zur Beurtheilung der grösseren oder geringeren Spannung oder Rasanz der Bahn, welche ihren bestimmtesten praktischen Ausdruck übrigens in der Grösse der bestrichenen Räume findet.

Die Scheitelordinate ist abhängig von der Summe der Abgangs- und Einfallwinkel der jeweiligen Distanz und wächst mit der letzteren. (Siehe Formel 6.) Zu ihrer Ermittelung sind desshalb ebenfalls nur die Geschoss-Abgangswinkel und nicht die Visirwinkel zu Rathe zu ziehen.

Das gesetzmässige Wachsen der Scheitelordinate lässt sich durch eine arithmetische Reihe höherer Ordnung und durch die Darstellung einer vom Nullpunct ausgehenden gegen die Abscissenachse convex gekrümmten steigenden Curve ausdrücken.

Die Ordinaten der einzelnen Zwischendistanzen der Flugbahn, welche gleich weit vom Scheitel zu beiden Seiten liegen, sind nicht, wie bei der Curve des luftleeren Raumes, gleich gross, vielmehr diejenigen jenseits des Scheitels grösser und zwar mit den wachsenden Entfernungen und Abständen vom Scheitel bis zu $^1/_3$ grösser.

Die Flugbahn-Ordinaten sind eine Function der Differenzen der Visir- oder Abgangswinkel der in Betracht gezogenen Bahn mit den für die einzelnen Zwischendistanzen erforderlichen Visir-

oder Abgangswinkeln. (Siehe Formel ~~VII~~ 7 und ~~VIII~~ 8.) Da, wie erwähnt, diese jeweiligen Differenzen gleiche Beträge ergeben, ist es einerlei, ob die Visirwinkel oder die Geschoss-Abgangswinkel in Rechnung kommen. In Verbindung mit den negativen Ordinaten, den Senkungen der Bahn auf der nächstfolgenden Distanz hinter dem Treffpunct kann die Flugbahn construirt werden. (Fig. 6.)

Fig. 6.

Aus der graphischen Darstellung der Flugbahncurve lassen sich verschiedene Erwägungen für die graphische Bestimmung der Abscissen der Culminationspuncte, des Maximums des bestrichenen Raums, der Längen der bestrichenen Räume vor und hinter dem Ziel, der Neigungswinkel an den verschiedenen Stellen der Bahn, zur grossen Bequemlichkeit des Rechners und doch mit vollständigstem Anschluss an die Resultate der mathematischen Ermittelung herleiten (s. u.).

Das Maximum des bestrichenen Raums und die bestrichenen Räume überhaupt.

Die Kenntniss der Verhältnisse des bestrichenen Raums auf den näheren Distanzen ist für den Gebrauch der Waffe von Wichtigkeit und für die grösseren Distanzen wird gewöhnlich noch die Unterscheidung, wie erwähnt, vor und hinter dem Ziel verlangt.

Ein sehr grosser Werth ist auf die Grösse des bestrichenen Raums zu legen und es erscheint in der That kaum eine andere Eigenschaft einer Kriegswaffe so wichtig wie diejenige: mit einer einzigen Visirstellung und einer einzigen Schiessregel (gestrichen Korn auf die Mitte des Gegners) einen grossen bestrichenen Raum zu liefern, der bis zu den äussersten Grenzen der entscheidenden Gefechtsdistanzen die Wirksamkeit

der Waffe unabhängig lässt von den Fehlern des Distanzschätzens.

Unter diesen Werthen ist demjenigen besondere Aufmerksamkeit zu widmen, der als Maximum des bestrichenen Raums bezeichnet wurde.

Für die nächsten Distanzen bis zu derjenigen des Maximums des bestrichenen Raums liegen also die ganzen Flugbahnen in der Zone von Mannshöhe resp. Reiterhöhe. Die letztere Schussweite bestimmt die Höhe des Standvisirs oder der ersten Stellung des Visirs, welches für das Massenfeuer der Infanterie und überhaupt auf der näheren Gefechtsdistanz ausschliesslich anzuwenden ist. (Vergl. Sgfd. Sch. Th. S. 20 u. B S. 90 etc.)

Die Grenze der Anwendbarkeit des festen Standvisirs mit dem grossen Vortheil eines unveränderten Zielens wurde eben durch die Schussweite der normalen oder mittleren Flugbahn bestimmt, welche die Parallele auf Mannshöhe tangirt. Es muss aber für die Praxis nicht nur die ideale Curve der Flugbahn, sondern auch der den praktischen Effect der Waffe darstellende Streuungskegel betrachtet werden. Es würde wenig helfen den idealen Treffpunct auf irgend einer Distanz auf die Nase des Gegners zu legen, wenn die Streuung des Gewehrs keine Wahrscheinlichkeit gibt den Kopf zu treffen.

Nur wenn alle Geschosse der idealen Flugbahn folgten, würde die Schussweite der die Mannshöhe tangirenden Bahn als Grenze zu wählen sein; es ist vielmehr für die Praxis die Schússweite derjenigen Bahn als solche des Maximums des bestrichenen Raums zu bestimmen, für welche ein mindestens die Hälfte aller Schüsse umfassender Kreis noch ganz auf die Fläche des einzelnen Mannes fällt (Fig. 7). Den ausserhalb liegenden Treffern bleibt dann die zufällige Wirkung in der Masse ange-

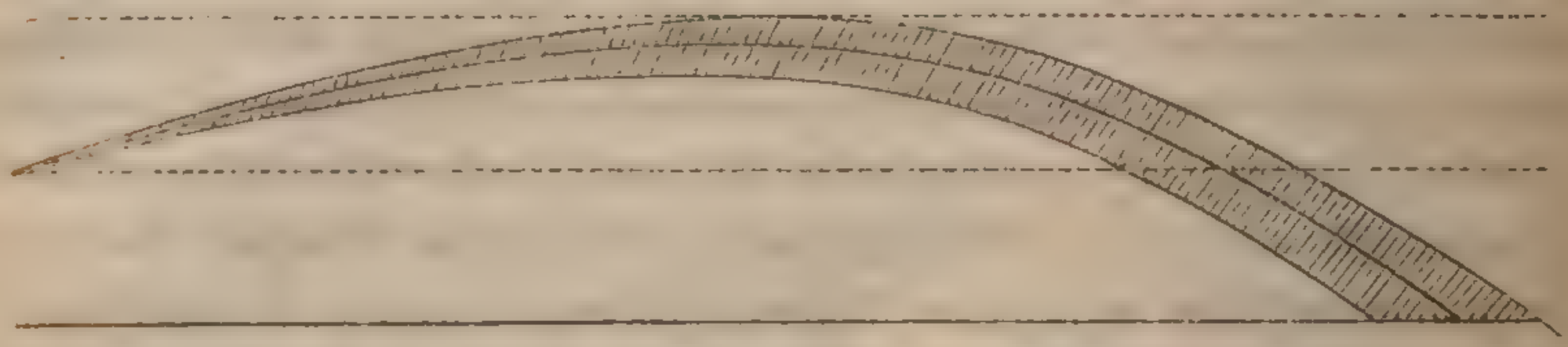


Fig. 7.

wiesen. (v. Plönnies Neue Studien I, S. 238; im Text als v. Pl. N. St. I, II etc. angezogen.)

In den nachfolgenden theoretischen Betrachtungen der Flugbahngrössen, ist das letztere Verfahren nicht eingehalten, vielmehr die mittlere Flugbahn, welche die Parallele auf Mannshöhe tangirt, der Einfachheit wegen zu Grunde gelegt.

Jenseits der Distanzen des Maximums des bestrichenen Raums erhebt sich mit den wachsenden Elevationen, die Flugbahn, als unbiegsame Linie gedacht, schnell mit einem sehr bedeutenden Theile, also in sehr beträchtlicher Länge über die Parallele auf Mannshöhe, wenn auch diese Erhebung selbst zunächst nur wenig beträgt. Der erste Theil der Flugbahn zwischen der Parallelen auf Mannshöhe und dem Horizont vor dem Schützen kommen nun nicht mehr in Betracht, sondern nur ihr letzter Theil vor und hinter dem Ziel, welcher die unsichere Zone für den Gegner oder den nützlichen bestrichenen Raum bestimmt. (Vergl. v. Pl. u. Wgd. D. G. S. 89.).

Da die bestrichenen Räume einer Distanz von der Differenz der Visirwinkel dieser mit denjenigen der vorhergehenden oder nachfolgenden Distanz, abhängen, ist es nach dem mehrfach Erwähnten einerlei, ob zu deren Berechnung die Visirwinkel oder Abgangswinkel herangezogen werden.

Die Längen der bestrichenen Räume der mittleren und grösseren Distanzen lassen sich sowohl durch eine arithmetische Reihe ausdrücken, als auch in einer Curve graphisch darstellen.

c. Nutzen der Kenntniss der Flugbahngrössen für die Praxis.

Für den gedankenlosen Schützen und Schützenführer liegt zwischen der Mündung des Gewehres und dem entfernten Ziele eigentlich nichts als ein leerer Raum; es fehlt jede Reflexion darüber, unter welchen Umständen eigentlich das Geschoss dort eintreffen und seine Wirkung ausüben kann. Einige ballistische Bildung überbrückt dagegen jenen leeren Raum durch eine vernünftige Darstellung von der Gestaltung der Flugbahnen; der Schütze wird hierdurch gewissermassen geistig verknüpft mit seinem in der Ferne liegenden Zweck und Ziel und es wird dieser geistigen Verknüpfung die praktische Wirkung unmittelbar folgen.

Für den Officier ist es daher von der grössten Wichtigkeit sich durch elementare Studien klare Begriffe der Flugbahngrössen anzueignen. (v. Pl. u. Wgd. D. G. S. 242).

Der praktische Nutzen der Kenntniss dieser Grössen, der Streuungen der Geschosse u. s. w. sei an einigen Beispielen dargelegt.

Erstes Beispiel.

Eine Abtheilung schiesst auf 600 Meter mit dem bayerischen Werdergewehr und der Patrone Modell 1871.

Die Scheibe hat 1,8 Meter Höhe.

Es wird abnorm schlecht geschossen, selbst von den besseren Schützen; alle Schüsse gehen zu tief. Der Officier lässt desshalb auf den oberen Rand der Scheibe zielen und erhält Treffer in ihrem unteren Theile. Er weiss nun, dass der Treffpunct 1,8 bis 2 Meter etwa, unter dem Zielpunct liegt; in den Notizen über die Flugbahngrössen seiner Ordonnanzwaffe findet er, dass für die Bahn von 600 Meter die Flugbahnordinate auf 500 Meter die Grösse von 2,8 Meter über der Visirlinie erreicht.

Mit der Stellung des Visirs auf 600 Meter würde der Treffpunct mithin um 2,8 Meter in die Höhe verlegt, während derselbe nur vom Fuss zum Rand der 1,8 Meter hohen Scheibe zu verlegen wäre. Es ist desshalb das Visir nur für eine um $\frac{1,8}{2,8}$. 100 M. = 64 M. grössere Distanz zu verändern.

Der Instructor lässt in Folge dieser Ueberlegung den Schieber auf 2/3 der Höhe des Zwischenraums der Visirmarken für 500 und 600 Meter stellen und wieder mit gestrichen Korn auf den Mittelpunct der Scheibe zielen. —

Hätte der Officier sich auf imaginäre Zielpuncte, Vollkornnehmen, willkürliches und planloses Probiren mit der Visirstellung u. s. w. eingelassen, so wären wahrscheinlich viel Patronen nutzlos verpufft und die gegebene Zeit verloren worden, bis endlich die richtige Visirstellung herausgequält war. Das Vertrauen der Mannschaft in Schiesskenntniss und -Verständniss des Instructors hätte eine wesentliche Steigerung wohl auch nicht erfahren können.

Zweites Beispiel.

Bei einer Uebung im Scheibenschiessen auf 450 Meter gibt der Musketier A 4 überaus wohlgezielte Schüsse ab, wovon 3 die Scheibe (welche 1,8 M. hoch und 3 M. breit ist) gänzlich verfehlen, während der vierte am Rand sitzt. Der Instructor nennt hierauf den Schützen einen beschränkten Jüngling und versetzt ihn in die dritte Klasse der Schützen.

Der Schütze B, dem Branntwein ergeben, liefert ebenfalls 4 Schüsse, wobei er jedesmal neben dem Zielpunkt oder sogar ausserhalb der Scheibe abkommt. Er erzielt dabei einen Spiegelschuss, eine Mannsbreite, noch zwei erträgliche Treffer, wird belobt und für die erste Klasse in Aussicht genommen. —

Der Instructor hätte wissen sollen, dass es Steuungsgrössen gibt, und dass insbesondere das hier gebrauchte Modell für die Hälfte der Schüsse etwa 1 Meter und für 0,9 aller Schüsse etwa 2,5 Meter Streuung hat. Durch Reden und Schriften von Kameraden und Vorgesetzten war der Instructor zur Ansicht gekommen, das Geschoss schlage dort ein, wo man abgekommen sei. (s. v. Pl. u. Wgd. D. G. S. 40.)

Drittes Beispiel.

Zwei im Vorgehen begriffene Züge Infanterie brechen, jeder für sich, ungefähr gleichzeitig aus einem Gehölze auf eine ziemlich durchschnittene Terrainfläche hervor und sind sofort einem überaus heftigen und wirksamen, wenn auch aus grosser Entfernung abgegebenen Gewehrfeuer ausgesetzt.

Der junge Lieutenant A., Führer des ersten Zuges, welcher sich seit seinem Examen nicht weiter um Ballistik und Schiessversuche bekümmerte, sieht in wenigen Minuten viele seiner Leute fallen und empfindet mit den Uebrigen den unwillkürlichen Eindruck, dass man hier immer ärger in's Feuer komme, je weiter man vorgehe. Er kann sich zum weiteren Vorgehen nicht sofort entschliessen und ist zu brav, um rückwärts im Walde Deckung zu suchen. Während er dieses erwägt, hat sich die ganze Mannschaft auf die Erde gelegt und verharrt nun in dieser Position, bis der brave Offizier sammt einer weiteren grossen Anzahl von Mannschaft ohne Nutzen für den Gang des Gefechts getödtet oder verwundet ist.

Lieutenant B., Führer des zweiten Zuges, der sich mit Ballistik und Schiessversuchen vielfach beschäftigte, erkennt sehr rasch, dass er auf etwa 900 M. aus einem guten Gewehr kleinen Kalibers beschossen wird und aus der Art der Streuung, dass die feindliche Schützenkette sich schon vorher die Beschiessung dieser Waldlisière zur Aufgabe gestellt und deren Entfernung von ihrer Position ziemlich genau ermittelt haben muss. Da er mit den Einfallwinkeln, bestrichenen Räumen und Streuungen der feindlichen Waffe wohl bekannt ist, so weiss er, dass die jetzige Wirkung sich der Hauptsache nach auf eine gewisse Zone vor der Waldlisière beschränkt; er weiss auch, dass die feindliche Kette sich nicht schnell genug auf neue Visirstellungen einschiessen wird, um einen rasch vorgehenden Gegner auch auf den Distanzen bis zu 500 oder 400 Meter, wo die eigene Waffe grösseren Kalibers ihr Feuer eröffnen kann, mit gleichem Erfolg zu schädigen. Lieutenant B. erreicht nach den ersten Verlusten im Laufschritt nach vorwärts eine etwa 350 M. vor der feindlichen Position gelegene gute Stellung, beschiesst von hier aus den Feind mit Erfolg, und geht sodann zur Attaque über u. s. w. Er erleidet zwar im Ganzen starke Verluste; doch keinenfalls mehr als die erste Abtheilung und er hat an diesem Punkte des Gefechtsfeldes förderlich eingegriffen. Das Blut seiner Soldaten ist nicht umsonst geflossen.

Es ist sehr schön von dem Lieutenant B., dass er ballistische Kenntniss besessen und benutzt hat, aber es wäre doch besser gewesen, wenn einem so intelligenten Officier auch eine ganz zeitgemässe Bewaffnung der Mannschaft zur Verfügung gestanden hätte. Seine Abtheilung erlitt immerhin noch sehr schmerzliche Verluste, als sie unter dem feindlichen Feuer heranlaufen musste, statt dasselbe sofort beantworten zu können. (s. v. Pl. u. Wgd. D. G. S. 41.)

II. Beiträge zur Theorie des Schiessens.

A. Die mittlere Flugbahn.

Das vereinfachte Verfahren der Bestimmung der Flugbahngrössen.

a. Die mathematische Herleitung.

1. Die Abgangswinkel.

Die Geschossabgangswinkel der Handfeuerwaffen können, wie vorn erwähnt, zu einer arithmetischen Reihe zweiter Ordnung, d. i. einer solchen mit gleichen zweiten Differenzen geregelt werden.

Diejenigen des deutschen Infanteriegewehrs Modell 1871 für die Distanzen von

0 100 200 300 400 500 etc. Meter sind z. B.

0 9,175 20,684 34,527 50,704 69,215 Minuten,

und bilden die nachstehende arithmetische durch den Nullpunct gehende Reihe der zweiten Ordnung:

0	9,175	20,684	34,527	50,704	69,215
	9,175	11,509	13,843	16,177	18,511
		2,334	2,334	2,334	2,334

Bezeichnen nun allgemein α_0 u. α_1 die beiden ersten Glieder, δ oder δ^α die zweite gleiche Differenz* einer durch den Nullpunct gehenden, in bestimmten, wie hier zu Hunderten von Distanz-Einheiten wachsenden und in Minuten der Sexagesimaltheilung ausgedrückten Reihe zweiter Ordnung der Geschoss-Abgangswinkel einer Waffe, so lässt sich dieselbe darstellen für die Distanzen von

0	100	200	300	400	Dist-Einh. zu
α_0	α_1	$2\alpha_1+\delta$	$3\alpha_1+3\delta$	$4\alpha_1+6\delta$	. . . . Minuten
	α_1	$\alpha_1+\delta$	$\alpha_1+2\delta$	$\alpha_1+3\delta$	
		δ	δ	δ	

Allgemein ist nun das n^{te} Glied einer Reihe der zweiten Ordnung, wenn α_0 das erste Glied bezeichnet,

$$\alpha_n = \alpha_0 + n \,.\, \Delta^1 \alpha_0 + \frac{n(n-1)}{1 \,.\, 2} \Delta^2 \alpha_0.$$

Das n^{te} Glied der durch den Nullpunct gehenden obigen Abgangswinkelreihe bestimmt sich, da hier

$$\alpha_0 = 0 \text{ Minuten,}$$
$$\Delta^1 \alpha_0 = \alpha_1 - \alpha_0 = \alpha_1 \text{ Minuten und}$$
$$\Delta^2 \alpha_0 = \delta \text{ oder } \delta^\alpha \text{ Minuten}$$

ist, mithin zu

$$\alpha_n = 0 + n \,.\, \alpha_1 + \frac{n(n-1)}{1 \,.\, 2} \delta^\alpha \text{ Minuten.}$$

Dieses sogenannte allgemeine Glied einer durch den Nullpunct gehenden Reihe ist daher durch den Ausdruck

$$\alpha_n = n\,\alpha_1 + \frac{n(n-1)}{1 \,.\, 2} \delta^\alpha \text{ Minuten} \qquad 1.$$

dargestellt.

Ist mithin der Geschoss-Abgangswinkel für die Distanz von 100 Distanz-Einheiten und die zweite

---

* Zur deutlichen unterscheidenden Bezeichnung der zweiten Differenzen δ, der arithmetischen Reihen der Abgangswinkel α und der Einfallwinkel φ wurden den beiden δ die Winkelzeichen zugefügt: δ^α u. δ^φ.

Differenz der Abgangs-Winkelreihe einer Waffe in Minuten bekannt, so ergibt die Formel 1 jeden der Distanz x von der Ordnungsnummer n zugehörigen Winkel*

Für das niederländische Infanterie-Gewehr M/1871 vom Kaliber 11 mm. ist:

$$\alpha_1 = 11{,}4 \text{ und } \delta = 2{,}67 \text{ Minuten,}$$

daher für $x = 700$ Meter, also für $n = 7$ als Nummer der Distanz,

$$\alpha_7 = 7 \,.\, 11{,}4 + \frac{7 \,.\, 6}{1 \,.\, 2} \,.\, 2{,}67$$
$$= 79{,}8 + 56{,}07$$
$$= 135{,}87 \text{ Minuten.} —$$

Aus der Gleichung 1 folgt

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_n - \frac{n\,(n-1)}{1 \,.\, 2}\,\delta^a}{n} \text{ Minuten,} \qquad 2.$$

welche Formel 2 also das erste Glied der Winkelreihe durch den bekannten Abgangswinkel α_n, die Ordnungsnummer n der Distanz und die zweite gleiche Differenz δ der arithmetischen Reihe ausdrückt. —

Für das bayerische Werdergewehr M/1869 ist nach der Schiess-Instruction für Schritt-Distanzen für $n = 4$

$$\alpha_4 = 34{,}377 \text{ und } \delta = 1{,}161 \text{ Minuten,}$$

daher

$$\alpha_1 = \frac{34{,}377 - \frac{4 \,.\, 3}{1 \,.\, 2} \,.\, 1{,}161}{4} = 6{,}852 \text{ Minuten.} —$$

Sollen zu irgend einem Zwecke zwischen 2 Gliedern einer Reihe beispielsweise 9 Glieder eingeschaltet oder interpolirt, also z. B. in einer nach Meterhunderten gegebenen Winkelreihe

---

* Aus $x = n \,.\, 100$ folgt, wie bereits erwähnt, die Ordnungsnummer n der Distanz $= \frac{x}{100}$.

nunmehr die Winkel für die nur um 10 Meter steigenden Distanzen bestimmt werden, so ist in dem allgemeinen Gliede nach und nach für n einzusetzen:

$$1 + \frac{1}{9+1} = 1 + \frac{1}{10} = 1{,}1; \quad 1 + \frac{2}{9+1} = 1{,}2;$$

also nach und nach n =

1,1; 1,2; . . . 1,8; 1,9.

Es sei die Abgangswinkelreihe für

100	200	300	400 Meter gleich
10,7	23,3	37,8	54,2 Minuten
	12,6	14,5	16,4
		1,9	1,9

gegeben.

Sollen zwischen 100 und 200 Meter 9 Glieder

$$\alpha_{1,1} \quad \alpha_{1,2} \quad \alpha_{1,3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \alpha_{1,9},$$

also für die Distanzen

110 120 130 . . . . 190 Meter

interpolirt werden, so ist nach Formel 1

$$\alpha_{1,0} = 1{,}0 \;.\; 10{,}7 + \quad 0 \quad .\; 1{,}9 = 10{,}7$$

1,1745

$$\alpha_{1,1} = 1{,}1 \;.\; 10{,}7 + \frac{1{,}1 \;.\; 0{,}1}{2} .\; 1{,}9 = 11{,}8745 \qquad 0{,}019$$

1,1935

$$\alpha_{1,2} = 1{,}2 \;.\; 10{,}7 + \frac{1{,}2 \;.\; 0{,}2}{2} .\; 1{,}9 = 13{,}068 \qquad 0{,}019$$

1,2125

$$\alpha_{1,3} = 1{,}3 \;.\; 10{,}7 + \frac{1{,}3 \;.\; 0{,}3}{2} .\; 1{,}9 = 14.2805 \qquad 0{,}019$$

1,2315

$$\alpha_{1,4} = 1{,}4 \;.\; 10{,}7 + \frac{1{,}4 \;.\; 0{,}4}{2} .\; 1{,}9 = 15{,}5120$$

.
.
.
.
.

$$\alpha_{2,0} = 2{,}0 \;.\; 10{,}7 + \frac{2 \;.\; 1}{2} .\; 1{,}9 = 23{,}3$$

Das neue $\delta^1 = 0{,}019$ Minuten der mit 9 Gliedern interpolirten Reihe ist mithin gegenüber dem $\delta = 1{,}9$ Minuten der ursprünglichen Reihe 100mal kleiner d. h.

$$\delta^1 = \frac{\delta}{(9+1)^2} = \frac{\delta}{10^2}$$

also allgemein bei n interpolirten Gliedern

$$\delta^1 = \frac{\delta}{(n+1)^2} \text{ Minuten,}$$

d. h. die zweite gleiche Differenz einer mit n Gliedern interpolirten Reihe ist gleich dem Quotient der zweiten gleichen Differenz der ursprünglichen Reihe und dem Quadrat der um eine Einheit vermehrten Anzahl der zwischen je zwei der ursprünglichen eingeschobenen Glieder.

Sollten also z. B. die Abgangswinkel der um je 25 Meter wachsenden Entfernungen eingeschaltet werden, so hat man nur den Werth für die Distanz 125 Meter nach Formel 1 zu berechnen, in obigem Beispiele:

$$\alpha_{1,25} = 1{,}25 \,.\, 10{,}7 + \frac{1{,}25 \,.\, 0{,}25}{2}\, 1{,}9 = 13{,}672 \text{ Minuten.}$$

Mit $\alpha_1 = 10{,}7$; $\alpha_{1,25} = 13{,}672$; ihrer Differenz $= 2{,}972$ und dem $\delta = \frac{1{,}9}{(3+1)^2} = 0{,}11875$, rund $= 0{,}119$ Minuten, wird dann die Reihe angeschrieben und nach beiden Seiten verlängert.

Es ist daher für

0	25	50	75	100	125	150	175	200	Meter die Abgangswinkel:
— 0,002	2,498	5,113	7,847	10,7	13,672	16,763	19,973	23,302	
	2,496	2,615	2,734	2,853	2,972	3,091	3,210	3,329	
	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119		

Der Werth von — 0,002 Minuten der Distanz Null, welcher von dem verwendeten abgerundeten $\delta = 0{,}119$ herrührt, kann vernachlässigt, als Null angenommen werden. —

Das praktische Verfahren der Regelung der erschossenen Visirwinkel zur Bestimmung der Depression und hiernach der Abgangswinkelreihe zweiter Ordnung ergibt sich wie folgt: Die Visirwinkel einer Waffe seien gegeben für Distanzen nach Schritthunderten zu 75 Meter und zwar für

300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	Schritt gleich
44,5	55,5	67,3	80,2	94,5	110,0	126,5	144,1	162,6	Minuten
	11,0	11,8	12,9	14,3	15,5	16,5	17,6	18,5	
		0,8	1,1	1,4	1,2	1,0	1,1	0,9	

Der Unterschied des ersten und letzten Gliedes der ersten Differenzenreihe $18{,}5 - 11{,}0 = 7{,}5$ müsste für die 7 zwischen ihnen liegenden Glieder der zweiten Differenzenreihe in sieben gleichen Theilen die gleiche zweite Differenz

$$\frac{7{,}5}{7} = 1{,}07 \text{ Minuten}$$

ergeben und in der That erhält man unter Beibehalt der ersten Glieder 44,5 und 11,0 Minuten für

300	400	500	600	700	800	900	1000	1100 Schritt
44,5	55,5	67,57	80,71	94,92	110,2	126,55	143,97	162,46 Minuten
	11,0	12,07	13,14	14,21	15,28	16,35	17,42	18,49
		1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07

und hiernach durch Verlängerung beider Seiten die vollständige Reihe für

0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	Schritt zu
17,92	25,71	34,57	44,5	55,5	67,57	80,71	94,92	110,2	126,55	143,97	162,46	182,02	Minuten
	7,79	8,86	9,93	11,0	12,07	13,14	14,21	15,28	16,35	17.42	18,49	19,56	
		1,07	1,07	1,07	.	.	.	.	.	1,07	1,07		

Der Winkel von 17,92 Minuten für die Distanz Null stellt mithin den Depressionswinkel dar, welcher von jedem Glied der Visirwinkelreihe in Abzug gebracht, alsdann die reinen Geschoss-Abgangswinkel erscheinen lässt, also für

0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	Schritt zu
0	7,79	16,65	26,58	37,58	49,65	62,79	77,00	92,28	108,63	126,05	144,54	164,1	Minuten
	7,79	8,86	9,93	11,0	12,07	13,14	14,21	15,28	16,35	17,42	18,49	19,56	
		1,07	1,07	.	.	.	.	.	.	1,07	1,07	1,07	

Erhält man mit der oben ermittelten zweiten gleichen Differenz nicht sofort anschliessende Werthe der Winkel, so sind etwas grössere oder kleinere zweite Differenzen als Probierwerthe so lange zu wählen, bis die positiven und negativen Beträge, um welche die so gefundenen einzelnen Winkelzahlen grösser oder kleiner als die Werthe der Beschiessung erscheinen, etwa gleich gross sind (s. u. Beiträge zur Praxis des Schiessens).

2. Die Einfallwinkel.

Bezeichnet wieder δ oder δ'' Minuten die zweite gleiche Differenz der Abgangswinkelreihe und n die Ordnungs-Nummer der Distanz $x = n \cdot 100$, so ist für alle Waffen und Entfernungen der Einfallwinkel

$$\varphi_n = \alpha_n + \frac{n^2 \delta^\alpha}{2} \text{ Minuten oder} \qquad 3.$$

$$\varphi_n - \alpha_n = \frac{n^2 \delta^\alpha}{2} \text{ Minuten.}$$

Es verhalten sich also:

Die Differenzen der Abgangs- und Einfallwinkel genau wie die Quadrate der Distanzen und gehen direct aus der zweiten gleichen Differenz der Abgangswinkelreihe hervor.

Für das österreichische Werndl-Gewehr ist daher bei einem Abgangswinkel von 55,6 Minuten für 400 Meter und $\delta^\alpha = 2{,}8$ Minuten, der zugehörige Einfallwinkel

$$\varphi_4 = 55{,}6 + \frac{4^2}{2} \cdot 2{,}8$$
$$= 55{,}6 + 22{,}4$$
$$= 78{,}0 \text{ Minuten.}$$

Diese Formel 3, sowie diejenige für die Ordinate des Scheitels (6) wurden von Plönnies (siehe dessen „Neue Hinterladungsgewehre“ Vorwort S. XIX) aus den massenhaft zusammengestellten ballistischen Ergebnissen empirisch bestimmt, welche ich im Jahre 1866 bearbeitete, um die Anwendbarkeit der erwähnten Prehn'schen ballistischen Formeln für gezogene Geschütze, auch für die Handfeuerwaffen zu constatiren. Die Resultate dieser sehr umfangreichen Berechnungen sind in dem Abschnitt: „II. Ballistische Leistungen der Handfeuerwaffen vor dem Jahre 1866“ der deutschen Gewehrfrage in 14 Tabellen und 11 Figuren niedergelegt.

Zur Uebersicht der Abweichung der Ergebnisse dieser einfachen Formel von denen der complicirten ballistischen Rech-

nung dient die in der nachfolgenden Tabelle für 7 der Seite 4 und 5 vorn erwähnten Modelle ausgeführte Zusammenstellung derjenigen Beträge, um welche die auf dem letzteren Wege erlangten Einfallwinkel kleiner sind, als die Resultate der obigen Formel. Die in derselben enthaltenen Grössen drücken also aus, um wie viel die Werthe der Formel 3 grösser sind, als die Werthe der von Prehn benützten Bahngleichung (s. u.).

Entfernung in Meter.	Schweiz. Infanterie-Gewehr.	Schweizer. Jäger-Gewehr.	Englische Withworth-Büchse.	Preuss. Zündnadel-Gewehr.	Russisches Infanterie-Gewehr.	Franz. Infanterie-Gewehr.	Franz. Büchse.
75	0′ 1″	0′ 1,1″	0′ 1,7″	—0′ 1″	—0′ 5,46″	0′ 0″	—0′ 0,3″
150	0 3	0 0,4	0 4,8	—0 3	—0 8,74	0 3	0 1,8
225	0 0	0 0,9	0 8,3	—0 9	0 5,86	0 7	0 4.3
300	0 16	0 0,6	0 15,2	—0 10	0 7,6	0 10	0 9,2
375	0 23	0 2,5	0 23,5	—0 17	0 13,5	0 16	0 12,5
450	0 35	0 2,6	0 32,2	—0 19	0 19,44	0 24	0 19,2
525	0 46	0 2,9	0 42,3	—0 27	0 26,46	0 31	0 29,3
600	1 1	0 2,4	0 54,8	—0 0	0 34,56	0 42	0 33,8
675	1 16	0 4,1	1 10,7	—0 14	0 43,74	0 56	0 48,7
750	1 39	0 4,0	1 29,0	—0 13	1 0,0	1 10	0 59,0
825	1 44	0 7,1	1 45,7	—0 13	1 6,34	1 31	1 8,7
900	2 17	0 11,4	2 8,8	—0 0	1 26,76	1 33	1 23,0
975	2 43	0 11,9	2 19,3	—0 7	1 31,26	1 52	1 38,3
1050	3 13	0 14,6	2 45,2	0 2	1 50,84	2 7	1 53,2
1125	3 48	0 19,5	3 23,5	0 17	2 4,0	2 24	2 26,5
1200	1 20	0 23,6	4 47,2	—0 37	1 21,24	2 59	2 36,2

Die hier ersichtliche Uebereinstimmung ist in solchem Grade genau, dass die noch vorliegenden Unterschiede keinen Zweifel an der zutreffenden Richtigkeit der vereinfachten Formel begründen können. Vielmehr dient das in Formel 3 ausgedrückte Gesetz zur Controle der präcisen ballistischen Rechnung und sind die Abweichungen der letzteren von ersterer grösstentheils aus den unvermeidlichen Vernachlässigungen bei der Ausführung der complicirten Formel herzuleiten.

Allerdings finden die erwähnten Abweichungen fast alle in demselben Sinne und auch in einigermassen regelmässigem

Verhältnisse zu den Leistungen statt. Wenn diese Differenzen daher überhaupt grösser wären, so könnte Veranlassung zu der Untersuchung vorliegen, ob in der Formel 3 der Nenner 2 auf etwa 2,02 oder einen ähnlichen Betrag zu vergrössern sei. (Vergleiche v. Pl. u. Wgd. D. G. S. 259 u. 260.) —

Siegfried benutzt in seinem Beitrag zur Schiesstheorie S. 21 für die Berechnung der Einfallwinkel die aus der Fig. 46 hervorgehende Gleichung

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\mathrm{A\,C}}{\mathrm{C\,B}},$$

hieraus folgt:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{y_{x-100} + y_{x+100}}{200} \text{ Minuten,} \qquad 5.$$

wenn y_{x-100} und y_{x+100} die Flugbahnordinaten, d. h. die Erhebungen und Senkungen der Bahn (s. u.) auf den dem Zielpunct vorhergehenden und nachfolgenden Entfernungshunderten bezeichnen.

Für das Zündnadelgewehr M/41 bestimmen sich die Einfallwinkel nach der Prehn'schen, Siegfried'schen und Plönnies'schen Gleichung in vollständiger Uebereinstimmung wie folgt auf

Distanz in Meter.	$\operatorname{tg} \varphi =$ $\operatorname{tg} \alpha - \frac{g\,k}{2\,c^2 \cos \alpha} (2+u)\,u$	$\operatorname{tg} \varphi =$ $\frac{y_{x-100} + y_{x+100}}{150}$	$\varphi =$ $\alpha + \frac{n^2\,\delta''}{2}$
75	0° 16′ 12″	0° 17′ 11″	0° 16′ 11″
150	0° 33′ 26″	0° 33′ 20″	0° 33′ 23″
225	0° 51′ 45″	0° 51′ 34″	0° 51′ 36″
300	1° 11′ 1″	1° 11′ 8″	1° 10′ 51″
375	1° 31′ 23″	1° 31′ 26″	1° 31′ 6″
450	1° 52′ 43″	1° 53′ 2″	1° 52′ 24″
525	2° 15′ 9″	2° 15′ 50″	2° 14′ 42″
600	2° 38′ 16″	2° 39′ 45″	2° 38′ 3″

Anmerkung. Die Richtigkeit der Formel 3 wird durch die folgende Herleitung aus der allgemeinen Gleichung der Bahncurve, welche Herr Professor Dr. Zehfuss in Frankfurt a. M. auszuführen die Güte hatte, constatirt. (Vergleiche v. Pl. u. Wgd. D. G., S. 262 etc.). Die Bedeutung der Buchstaben s. u. das Prehn'sche Verfahren.

Die mit Hülfe der Formel 3 aus den Abgangswinkeln hergeleiteten Einfallwinkel bilden ebenfalls wieder eine durch den Nullpunct gehende arithmetische Reihe der zweiten Ordnung.

Die nachstehenden Reihenentwickelungen sind immer blos bis zu denjenigen Gliedern fortgeführt, welche wegen ihrer Kleinheit nicht mehr in Betracht kommen, indem sie höhere Potenzen der Luftwiderstandsconstanten k im Nenner enthalten.

Aus der Gleichung der Bahncurve

$$y = x\ tg\ \alpha - \frac{g}{2c^2\ \cos^2 \alpha}\ x^2 - \frac{g}{6c^2\ \cos^3 \alpha\ k}\ x^3$$

findet man die Schussweite x für $y = 0$ aus der Gleichung

$$x^2 + 3\ k\ \cos \alpha\ .\ x - \frac{6\ k\ c^2}{g}\ \sin \alpha\ \cos^2 \alpha = 0 \qquad \text{I.}$$

Aus derselben entwickelt sich sin α in einer Reihe nach steigenden Potenzen von x, deren erstes Glied $\frac{g}{2c^2}\ x$ ist; demnach weicht $\cos^2 \alpha$ von 1 um ein Glied von der Ordnung x^2 ab und cos α desgleichen. Wenn nun also, wie die Erfahrung durch Constantsein der zweiten Differenzenreihe der Abgangswinkel zeigt, es nicht nöthig ist die zweite Potenz von x zu überschreiten, so kann bis auf die zweite Potenz genau gesetzt werden:

$$\sin \alpha = \alpha \text{ und } \cos \alpha = 1,$$

also gibt die Gleichung (I)

$$\alpha = \frac{g}{2c^2}\ x + \frac{g}{6c^2\ k}\ x^2.$$

hiernach ist $\Delta\ \alpha$ oder die erste Differenz

$$(\alpha_{x+100} - \alpha_x)$$

$$\Delta\ \alpha = \frac{g}{6\ k\ c^2}\ (3\ k\ .\ 100 + 100^2 + 2\ .\ 100\ x)$$

und

$$\Delta^2\ \alpha = (\Delta\ \alpha_{x+100} - \Delta\ \alpha_x)$$

$$= \frac{g}{3\ k\ c^2}\ 100^2\ * \qquad \text{II.}$$

Durch Differentiation der Grundformel ergibt sich

$$-\ tg\ \varphi = tg\ \alpha - \frac{g\ x}{c^2} - \frac{g\ x^2}{2c^2\ k},$$

wobei

$$\cos = 1$$

* Man würde bei bekanntem c hieraus k berechnen können für α als Bogenmass.

Für das aptirte Zündnadelgewehr ergibt sich die Einfallwinkelreihe auf

100	200	300	400	500 Meter zu
18,875	42,250	70,125	102.500	139,375 Minuten
	23,375	27,875	32,375	36,875
		4,5	4,5	4,5

Die zweite gleiche Differenz δ^p ist gleich 4.5 Minuten, diejenige der Abgangswinkelreihe $\delta^\alpha = 2{,}25$, woraus folgt:

Die Einfallwinkel bilden eine arithmetische Reihe der zweiten Ordnung, deren zweite gleiche Differenz doppelt so gross ist, als jene der Abgangswinkel, also allgemein

oder

$$-\varphi - \alpha = -\frac{g}{c^2}\,x - \frac{g}{2c^2\,k}\,x^2$$

oder

$$\varphi + \alpha = \frac{g}{c^2}\,x + \frac{g}{2c^2\,k}\,x^2.$$

Wird hiervon der obige Werth

$$2\,\alpha = \frac{g}{c^2}\,x + \frac{g}{3c^2\,k}\,x^2$$

subtrahirt, so entsteht

$$\varphi - \alpha = \frac{g}{6\,k\,c^2}\,x^2.$$

Die Vergleichung dieses Resultates mit (II) liefert

$$\frac{x^2\,\Delta^2\,\alpha}{2} = 100^2\,(\varphi - \alpha)$$

oder

$$\frac{\left(\frac{x}{100}\right)^2\,\Delta^2\,\alpha}{2} = \varphi - \alpha$$

Nun ist $\frac{x}{100}$ gleich der Ordnungsnummer n der Distanz und

$$\Delta^2\,\alpha = \delta$$

daher

$$\frac{n^2\,\delta}{2} = \varphi - \alpha$$

oder

$$\varphi = \alpha + \frac{n^2\,\delta}{2}$$

Minuten.

$2\,\delta^{\alpha} = \delta^{\varphi}$ Minuten.* 4.

Zur Bestimmung der Reihe der Einfallwinkel ist daher nicht mehr nöthig für alle Distanzen dieselben zu berechnen. Es genügt die genaue mathemathische Herleitung des Einfallwinkels für 100 Meter, um dann mit Hülfe des doppelten δ der Abgangswinkelreihe die der Einfallwinkel einfach anzuschreiben.

Der Einfallwinkel für die Distanz 100 ist aber nach Formel 3

$$\varphi_1 = \alpha_1 + \frac{\delta^{\alpha}}{2} \text{ Minuten,} \qquad 3a.$$

---

*Anmerkung. Wenn $\delta\varphi$ und δ^{α} die zweiten Differenzen der Einfall- resp. Abgangswinkel bedeuten ist, nach Formel 1, das allgemeine Glied der Einfallwinkelreihe

$$\varphi_n = n\varphi_1 + \frac{n\,(n-1)}{1\,.\,2}\,\delta\varphi,$$

nach Formel 3a aber ist:

$$\varphi_1 = \alpha_1 + \frac{\delta^{\alpha}}{2},$$

daher

$$\varphi_n = n\,\alpha_1 + \frac{n\,\delta^{\alpha}}{2} + \frac{n\,(n-1)}{1\,.\,2}\,\delta\varphi;$$

da nach Formel 1

$$\alpha_n = n\,\alpha_1 + \frac{n\,(n-1)}{1\,.\,2}\,\delta^{\alpha}$$

ist, so folgt:

$$\varphi_n - \alpha_n = \frac{n\,\delta^{\alpha}}{2} + \frac{n\,(n-1)}{1\,.\,2}\,[\delta\varphi - \delta^{\alpha}].$$

Nach Formel 3 ist aber

$$\varphi_n - \alpha_n = \frac{n^2\,\delta^{\alpha}}{2}$$

daher

$$\frac{n^2\,\delta^{\alpha}}{2} = \frac{n\,\delta^{\alpha}}{2} + \frac{n\,(n-1)}{1\,.\,2}\,[\delta\varphi - \delta^{\alpha}]$$

oder

$$n\,\delta^{\alpha} = \delta^{\alpha} + (n-1)\,.\,[\delta\varphi - \delta^{\alpha}]$$

woraus

$$(n-1)\,\delta^{\alpha} = (n-1)\,.\,[\delta\varphi - \delta^{\alpha}],$$

daher endlich

$$2\,\delta^{\alpha} = \delta^{\varphi} \text{ Minuten.}$$

Herr Premierlieutenant und seitheriger Bezirks-Adjutant Bickel vom 3. Grossherzoglich Hessischen Infanterie-Regiment Nr. 117 hat den Zusammenhang der beiden δ nachgewiesen.

also gleich dem um die halbe zweite gleiche Differenz der Abgangswinkelreihe vermehrten Abgangswinkel derselben Distanz.

Für das niederländische Beaumontgewehr ist

$$\alpha_1 = 11{,}4 \text{ und } \delta^{\alpha} = 2{,}67 \text{ Minuten}$$

daher nach Formel 3ª

$$\varphi_1 = 11{,}4 + \frac{2{,}67}{2}$$

$$= 12{,}735 \text{ Minuten und nach Formel 4}$$

$$\delta^{\varphi} = 2 \,.\, 2{,}67 = 5{,}34 \text{ Minuten.}$$

Aus diesen beiden Grössen $\varphi_1 = 12{,}735$ und $\delta^{\varphi} = 5{,}34$ Min. kann nun die durch den Nullpunct gehende Einfallwinkelreihe wie folgt angeschrieben werden:

0	100	200	300	400 Meter
0	12,735	30,81	54,225	82,98 Minuten
	12,735	18,075	23,415	28,755 . .
	5,34	5,34	5,34	. . .

3. Die Scheitelordinaten oder die Ordinaten des Culminationspunctes der Bahn.

Erwägt man:

1. dass für jede einzelne Flugbahn die Grösse der Scheitelordinate entschieden in unmittelbarer Beziehung zu der Summe der Abgangs- und Einfallwinkel stehen,
2. dass wegen der stärkeren Krümmung längerer Bahnen für grössere Tragweiten die Ordinate nothwendig rascher wachsen muss, als diese Winkel-Summe,

so wird man zu dem Schlusse geführt, dass dieses Anwachsen der Ordinaten einestheils durch das Zunehmen jener Winkelsummen bedingt ist, also wahrscheinlich dem Resultat jener beiden Faktoren entspricht. Und in der That verhält es sich so.

Es existirt auf jeder Distanz bei sämmtlichen Waffen eine und dieselbe feste Relation zwischen Minuten oder Secunden der Winkelsumme und Centimetern oder Millimetern der Ordi-

naten, denn obgleich jene Winkelsummen für jede Waffe in eigenthümlicher, auf den Charakter der Bahncurve begründeten Weise anwachsen, so geschieht dies doch nach einem und demselben auf jede dieser Curven angewendeten Gesetz.

Diese feste Relation wird für jede Waffe und jede Meterdistanz durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$y = n \frac{(\alpha_n + \varphi_n)}{0{,}275}$$

$$= 3{,}636\ n\ (\alpha_n + \varphi_n)\ mm, \qquad 6.$$

3,69 sollte wie die Tabelle ebenfalls bestimmt.

d. h. die Ordinaten des Scheitels der Bahnen verhalten sich wie die Produkte der Ordnungsnummer der Meterdistanzhunderten und Summen der Abgangs- und Einfallwinkel.

Hierbei ergibt sich y in Millimeter, wenn α und φ in Minuten für Meterdistanzen ausgedrückt sind.

Die Richtigkeit dieser Formel 6 leitet sich aus den nachstehenden Erwägungen her:

Wird auf der Schussweite x eine Parabel, bei welcher bekanntlich Abgangs- und Einfallwinkel einander gleich sind, mit dem Geschossabgangswinkel α im Anfangs- und Endpunct und eine zweite Parabel mit dem Abgangs- und Einfallwinkel φ gezeichnet, so kann die Scheitelordinate der dazwischen liegenden ballistischen Curve als das arithmetische Mittel der Scheitelhöhen jener beiden Parabeln mit hinlänglicher Genauigkeit angesehen werden.

Aus der Gleichung der Parabel

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{4\ y}{x}$$

folgt für die beiden erwähnten Parabeln mit den Winkeln α resp. φ:

$$y = \frac{x}{4} \operatorname{tg} \alpha$$

und

$$y = \frac{x}{4} \operatorname{tg} \varphi$$

daher ihre Summe

$$2\ y = \frac{x}{4}\ (\mathrm{tg}\ \alpha + \mathrm{tg}\ \varphi)$$

oder

$$y = \frac{x}{8}\ (\mathrm{tg}\ \alpha + \mathrm{tg}\ \varphi)$$

oder da

$$x = n\ .\ 100$$

ist, folgt, wenn die Tangenten mit den Winkeln selbst vertauscht werden, endlich

$$y = \frac{n\ .\ 100}{8}\ (\alpha + \varphi)$$

Soll y in Millimeter und $(\alpha + \varphi)$ im Bogenmass der Sexagesimaleintheilung für Meterdistanzen ausgedrückt werden, so ist,

$$y = \frac{y}{1000}\ \mathrm{mm.}$$

und

$$\alpha + \varphi = (\alpha + \varphi)\ .\ \frac{60}{206264{,}8},$$

wo 206264,8 den Radius des Kreises in Secunden bezeichnet.

Die obige Formel verwandelt sich hiernach in:

$$\frac{y}{1000} = \frac{100\ n}{8}\ (\alpha + \varphi)\ \frac{60}{206264{,}8},$$

daher

$$y = \frac{n\ (\alpha + \varphi)}{0{,}27502}$$

oder endlich in

$$y = 3{,}636\ n\ (\alpha + \varphi)\ \mathrm{mm.}$$

Die folgende Tabelle stellt die Resultate der Rechnung mit der Prehn'schen und denjenigen der Formel 6 für das alte Langblei des Zündnadelgewehrs M/41 zusammen:

Entfernung in Meter.	Ordinate des Culminationspunctes in Meter nach	
	der Ordinatengleichung von Prehn,	der vereinfachten Summenformel.
75	0,087	0,0866
150	0,359	0.358
225	0,826	0,825
300	1,504	1,502
375	2,403	2,394
450	3,537	3,520
525	4,920	4,892
600	6,560	6,520

Die vollständige Uebereinstimmung beider Resultate rechtfertigt den Gebrauch dieser sehr einfachen Formel auch selbst für genaue ballistische Berechnungen.

Der Königlich Niederländische Hauptmann van Isselt hatte die Güte das nachstehende Verfahren zur Bestimmung der Scheitelordinaten mitzutheilen für die nach dessen Formel 6 a (s. u.) bestimmte Abscisse des Scheitels

$$x_{\text{Scheitel}} = 55\ n$$

aus den als bekannt vorausgesetzten Flugbahnordinaten. Das in Frage kommende Bahnstück am Scheitel wird als gerade Linie betrachtet.

Für die Bahn von 600 M. des deutschen M/71 sind die Flugbahnordinaten abgerundet (s. u.).

$y_3 = 4{,}85$ M.

$y_2 = 4{,}04$ M.; die Bahn steigt also auf 100 M. um 0,81 M., also bis zu dem um 30 M. (s. folgende Nummer 4. „Die Abscissen der Culminationspuncte“,) hinter der Mitte der Schussweite liegenden Scheitel um $\frac{30}{100} \cdot 0{,}81 = 0{,}24$ M. Die Scheitelordinate beträgt also auf der Scheitelabscisse 330 M.: $y_3 + 0{,}24$ M. $= 4{,}85 + 0{,}24 = 5.09$ M. gegenüber von 4,846 M. der Bestimmung nach Formel 6 (s. u. Anwendung der vereinfachten Methode auf das deutsche Modell 71.)

Für die Bahn von 700 M. sind die Flugbahnordinaten y_4 und y_5, also ein fallendes Bahnelement zu wählen, da die

Scheitelabscisse (s. folgende Nummer 4) von 385 M. näher bei y_4 als bei y_3 liegt.

Es ist $y_4 = 7{,}28$ M.

$y_5 = 6{,}40$ M. Die Bahn sinkt also auf 100 M. um 0,88 M., mithin auf $400 - 385 = 15/_{100} \cdot 0{,}88 = 0.13$ M. Hieraus folgt die Scheitelhöhe $7{,}28 + 0{,}13 = 7{,}41$ M. gegenüber von 7,22 M. der Bestimmung nach Formel 6. —

4. Die Abscissen des Culminationspunctes.

Eine Vergleichung der Abscissen der Culminationspuncte auf den einzelnen Distanzen der Bahnen der verschiedenen Waffen z. B. des dritten Kalibers — siehe zweiter Theil dieses Werkes: Construction und Leistung der modernen Präcisionswaffen, Seite 72, 73 und 101 — zeigt eine grosse Uebereinstimmung dieser auf graphischem Wege (s. u.) ermittelten Grössen unter sich.

Dieselben sind aus graphischen Darstellungen in grossem Massstabe der Curven der Abgangswinkel und der Summen dieser mit den Einfallwinkeln abgelesen, jedoch nicht zur Ausgleichung der unvermeidlichen Fehler des Ablesens von dem immerhin doch noch kleinen Massstab, in eine arithmetische Reihe geregelt.

Zur mathematischen Bestimmung dieser Flugbahngrösse gibt der niederländische Kapitain der Infanterie van Dam van Isselt in seinem vorn erwähnten Werke: „Die kogelbaan der getrokken vuurwapens“ S. 237 die einfache Näherungsformel:

$$x_{Sch.} = \frac{1}{2}\, x + a\, x.$$

Den Werth des unbekannten constanten Coëfficienten a hat derselbe aus den mittelst der umständlichen ballistischen Formel für die Abscisse des Scheitels errechneten Grössen von $x_{Sch.}$ für verschiedene Distanzen und Waffen zu

$$a = \frac{1}{20}$$

bestimmt, so dass allgemein gesetzt werden kann:

$$x_{Sch.} = \frac{1}{2} x + \frac{1}{20} x$$

$$= \frac{11}{20} x.$$

Wird statt der Distanz, deren Nummer mit Hülfe von $x = 100\ n$ eingeführt, so verwandelt sich die Formel in

$$x_{Sch.} = \frac{11 \cdot 100\ n}{20}$$

oder

$$x_{Sch.} = 55\ n, \qquad 6a.$$

d. h. zur Bestimmung der Abscisse des Scheitels einer Bahn ist nur die Nummer der betreffenden Distanz mit 55 zu multipliciren.

Den für das niederländische Gewehr von 11 mm. Kaliber mit der genauen ballistischen und der Annäherungsformel erhaltenen Resultaten sind nunmehr die auf graphischem Wege gefundenen Grössen (S. 2. Theil S. 72) gegenübergestellt:

Resultate	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
	Meter Entfernung									
	Abscissen des Scheitels.									
der genauen ballistischen Formel	51	105	160	215	271	328	384	441	498	555 M.
der vereinfachten Formel	55	110	165	220	275	330	385	440	495	550 M.
des graphischen Verfahrens	51	103	160	214	270,3	327,6	382	440	496,6 M.	

Die Vergleichung der auf den verschiedenen Wegen erzielten Resultate constatirt in erster Linie die vollständigst genaue Uebereinstimmung des unten erörterten, so einfachen graphischen Verfahrens, trotz der unvermeidlichen Fehler des Ablesens aus dem verhältnissmässig zu kleinen Massstabe der Darstellung, mit den Ergebnissen des umständlichen Rechnungsverfahrens der

genauen ballistischen Formel. Andererseits ist festgestellt, wie die so einfache van Isselt'sche Formel hinlänglich präcis an die Resultate der genauen Rechnung anschliessende Werthe ergibt, welche für die Praxis vollständig genügen, einmal in Erwägung des praktischen Werthes der Kenntniss dieser Flugbahngrösse überhaupt, ferner in Berücksichtigung der geringen Krümmung der Bahn vor und hinter dem Scheitel. Es betragen z. B. bei einer Scheitelhöhe der Bahn von 900 M. des niederländischen Gewehres von 17,49 M. die Ordinaten auf 400, 500 und 600 Meter 16,51, 17,34 resp. 16,34 Meter. (v. Isselt S. 234.)

Die Differenzen der Resultate der ballistischen Rechnung resp. des graphischen Verfahrens und der vereinfachten Isselt'schen Formel werden, auf den grösseren Distanzen beträchtlicher. Für das deutsche M/71 ergeben sich die nachstehenden Werthe der Abscisse des Scheitels und zwar für

Distanz	der graphische Weg	die vereinfachte Formel.	die abgerundete Differenz
	Meter		
100	51,0	55	+ 4
200	104,5	110	+ 5
300	160,0	165	+ 5
400	217,0	220	+ 3
500	271,5	275	+ 3
600	326,5	330	+ 3
700	382,0	385	+ 3
800	440,5	440	— 1
900	498,5	495	— 4
1000	557,0	550	— 7
1100	612,0	605	— 7
1200	669,0	660	— 9
1300	727,5	715	— 13
1400	784,0	770	— 14
1500	842,5	825	— 18
1600	899,5	880	— 20

In Anbetracht der erwähnten flachen Gestalt der Bahn am Scheitel und der bedeutenden Streuung der Geschosse auf den weiteren Entfernungen dürfte der Gebrauch der Formel bis zu den Schussweiten von 1000 M. entschieden zweckdienlich sein.

5. Die Ordinaten der Flugbahnen.

Die Ermittlung der Ordinaten erfolgt sehr leicht für die Bahn der Distanz n auf der Zwischenentfernung x mit der einfachen Formel:

$$y_x = x\,(\operatorname{tg}\alpha_n - \operatorname{tg}\alpha_x)\ \text{Meter} \qquad 7.$$

oder mit der meist üblichen und der Ausrechnung entsprechenderen Gestalt:

$$y_x = x \sin(\alpha_n - \alpha_x)\ \text{Meter.}^* \qquad 8.$$

d. h. die Ordinate y_x der Flugbahn einer Schussweite n auf irgend einer Zwischen-Entfernung x ist gleich dem Producte des Sinus des Differenzwin-

---

* Aus der Gleichung für die Flugbahn (vergleiche v Pl. N. St. II, S. 111 etc.)

$$y = x \operatorname{tg}\alpha - \frac{g}{2}\,\frac{x^2}{c^2\cos^2\alpha};$$

wobei y die Ordinate und x die zugehörige Abscisse eines Punctes der Bahncurve, α den Abgangswinkel, c die Anfangsgeschwindigkeit und g die Beschleunigung durch die Schwere bezeichnet, folgt, wenn man die Gleichung

$$y_1 = x \operatorname{tg}\alpha_1 - \frac{g}{2}\,\frac{x^2}{c^2\cos^2\alpha_1}$$

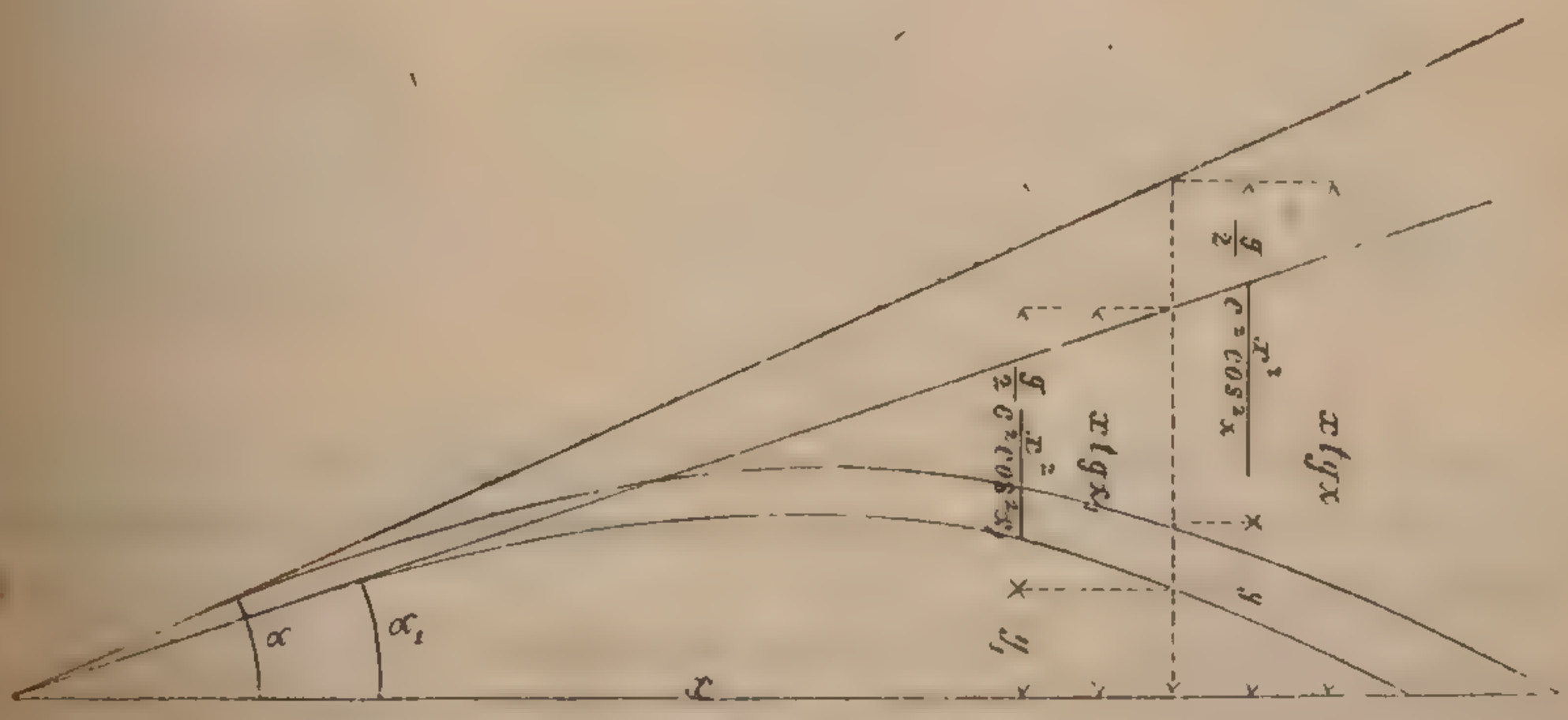


Fig. 8.

kels der für jene beiden Entfernungen erforderlichen Abgangswinkel α_n und α_x mit der Zwischendistanz x.

---

einer zweiten Curve (Fig. 8) mit gleichem Anfangspunct und gleicher Anfangsgeschwindigkeit subtrahirt:

$$y - y_1 = x\,(tg\,\alpha - tg\,\alpha_1) - \frac{g\,x^2}{2\,c^2}\left(\frac{1}{\cos^2\alpha} - \frac{1}{\cos^2\alpha_1}\right).$$

Für die hier in Betracht kommenden kleinen Winkel werden die Cosinus derselben gleich der Einheit und können in der Anwendung vernachlässigt werden; es ergibt sich daher

$$y - y_1 = x\,(tg\,\alpha - tg\,\alpha_1)$$

oder wenn y_1, wie in den vorliegenden Betrachtungen, bei welchen die Erhebung der Bahn über die horizontale Visirlinie gesucht wird, gleich Null, ist allgemein:

$$y_x = x\,(tg\,\alpha_n - tg\,\alpha_x)\ \text{Meter}$$

d. h. die Ordinate y_x der Flugbahn einer Schussweite n auf irgend einer Zwischen-Entfernung x ist gleich dem Product der Differenz der Tangenten der für jene beiden Entfernungen n und x erforderlichen Abgangswinkel α_n und α_x mit der Zwischendistanz x.

Direct leitet sich auch Formel 7 sehr einfach wie folgt her.

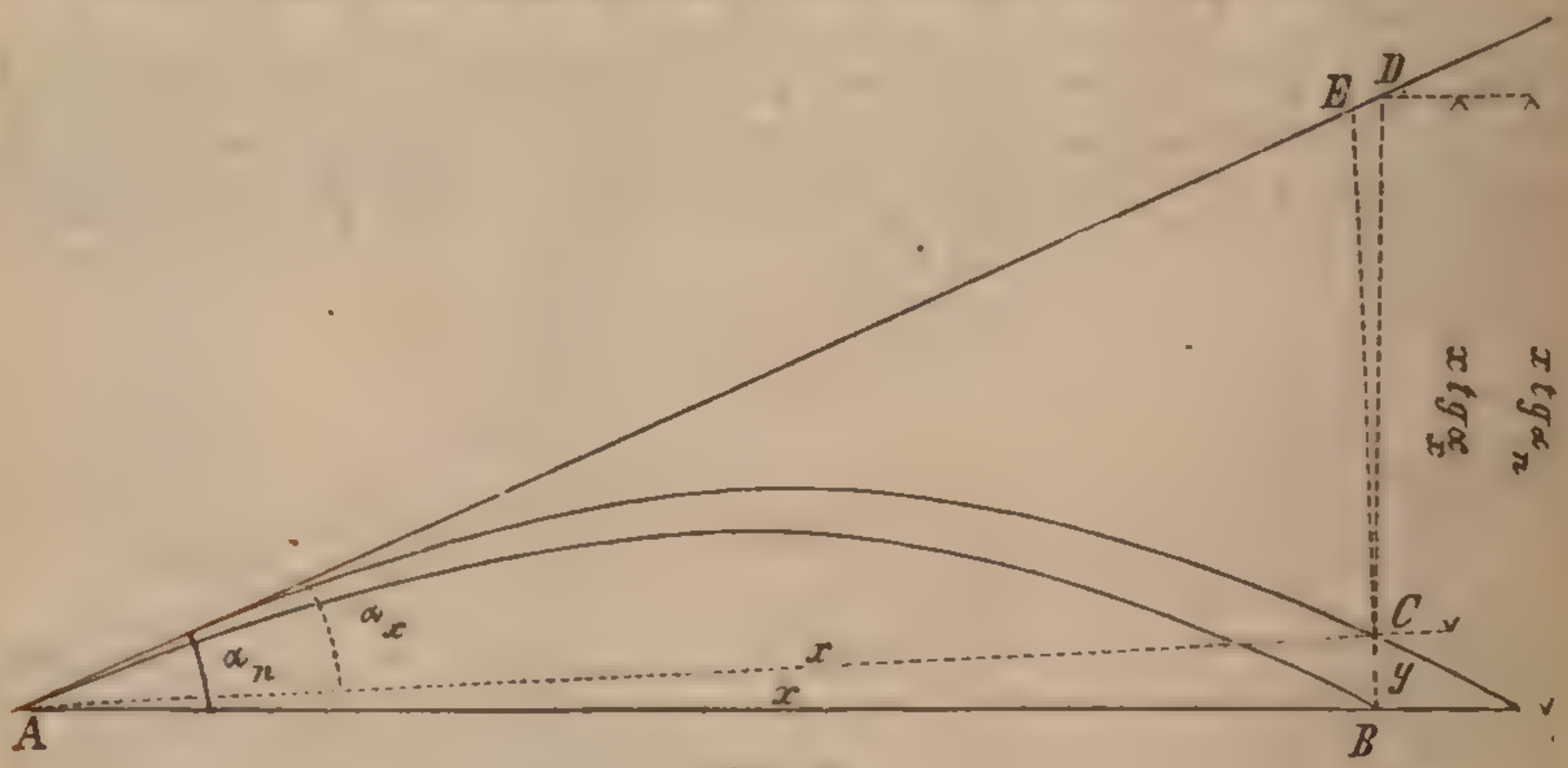


Fig. 9.

In Fig. 9 kann nach der vorn erwähnten Annahme $AB = AC = x$ gesetzt und ferner $CD = CE = x\ tg\ \alpha_x$ ohne wesentlichen Fehler angenommen werden, so dass statt

$BC = BD - CD$ gesetzt werden kann,

$y_x = x\ tg\ \alpha_n - x\ tg\ \alpha_x$ daher endlich wie oben

$y_x = x\,(tg\,\alpha_n - tg\,\alpha_x)$ Meter.

Da die Differenzen der durch den Nullpunct geführten Geschoss-Abgangswinkel der einzelnen Entfernungen und die Differenzen der erschossenen regulirten Visirwinkel, welche um

---

Die Klammergrösse des letzteren Ausdrucks ausgeführt, so ist

$$y_x = x \left(\frac{\sin \alpha_n \cos \alpha_x - \cos \alpha_n \sin \alpha_x}{\cos \alpha_n \cos \alpha_x} \right);$$

wird nunmehr der Nenner $\cos \alpha_n \cos \alpha_x$ als nahezu gleich der Einheit vernachlässigt, so erhält man allgemein den für die Rechnung noch einfacheren Ausdruck Formel 8:

$$y_x = x \sin (\alpha_n - \alpha_x) \text{ Meter},$$

welcher sich auch ohne weiteres direct, wie folgt, ableiten lässt.

Fig. 10.

In Fig. 10 ist ohne wesentlichen Fehler

$$AB = AC = x$$

daher

$$\frac{BC}{AB} = \frac{y_x}{x} = \sin (\alpha_n - \alpha_x),$$

also

$$y_x = x \sin (\alpha_n - \alpha_x) \text{ Meter.}$$

oder Formel 7 weiter vereinfacht, da

$$\frac{BC}{AC} = \frac{y_x}{x} = \operatorname{tg} (\alpha_n - \alpha_x),$$

zu

$$y_x = x \operatorname{tg} (\alpha_n - \alpha_x) \text{ Meter.}$$

den Betrag der Depression resp. Elevation grösser resp. kleiner als jene sind, gleiche Werthe repräsentiren, so können, wie schon erwähnt, die Ordinaten derselben auch ohne Rücksicht auf den Depressions- oder Elevationswinkel, direct aus den Visirwinkeln hergeleitet werden.

Die Resultate der beiden letzten Formeln geben unter sich keine erheblichen Differenzen, es ist also einerlei, ob man die Ordinaten der Flugbahn aus der Differenz der Tangenten oder aus dem Sinus oder der Tangente des Differenzwinkels der betreffenden Abgangswinkel herleitet, die Fehler verschwinden jedenfalls doch gegen die unvermeidlichen Ungenauigkeiten der Beobachtung.

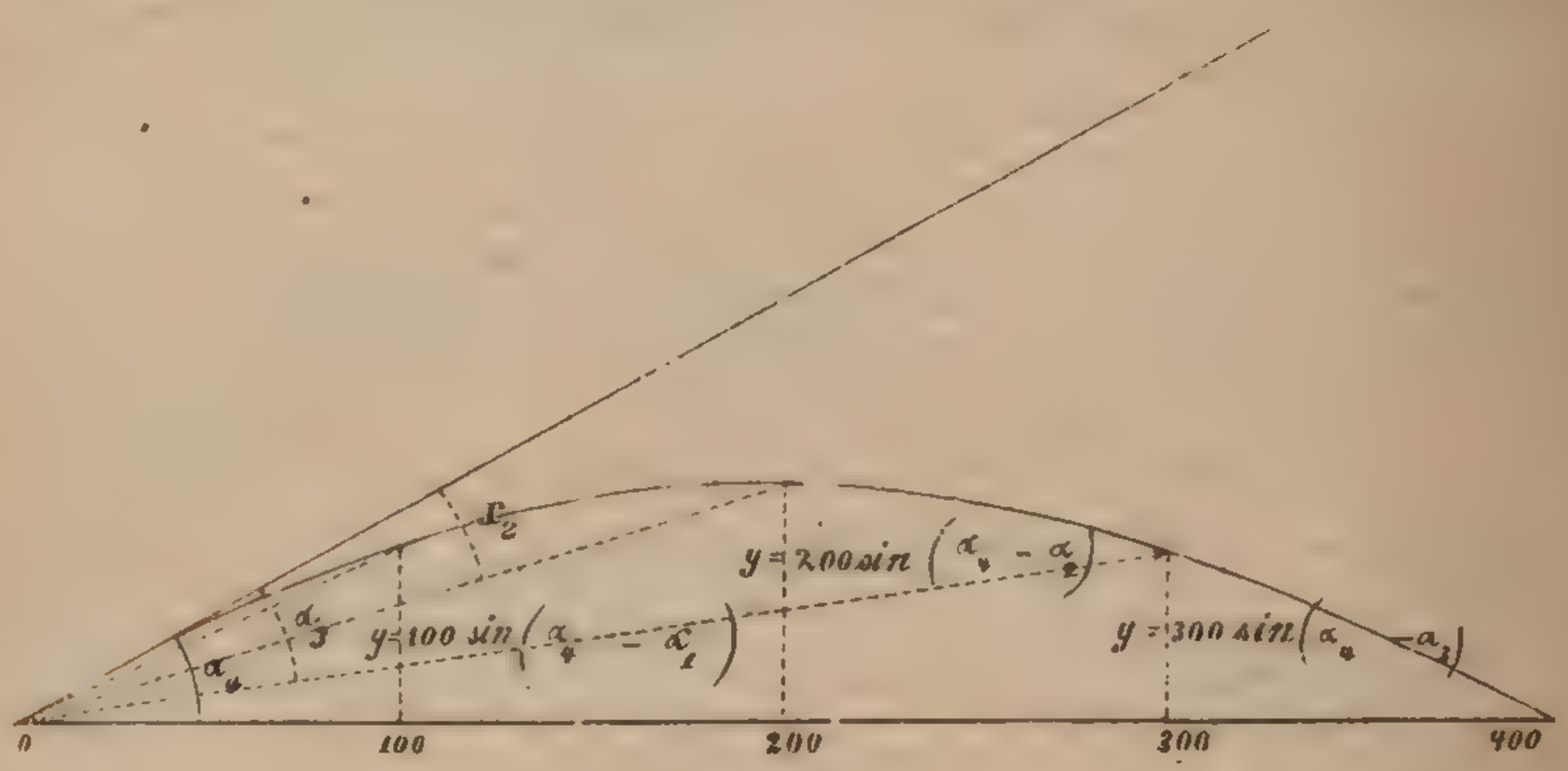


Fig. 11.

Die Erhebungen der Geschossbahn für 600 Meter über die horizontale Visirlinie in Meter berechnen sich, wenn z. B.

$\alpha_1 = 10{,}6$ Minuten.
$\alpha_2 = 23{,}2$ „
$\alpha_3 = 37{,}58$ „
$\alpha_4 = 54{,}1$ „
$\alpha_5 = 72{,}4$ „
$\alpha_6 = 92{,}28$ „

sind, wie folgt (Fig. 11 stellt diese Berechnung für die Bahn von 400 Meter dar).

Berechnung der Erhebungen der Geschossbahn für 600 Meter über die horizontale Visirlinie in Meter auf:

100 Meter zu:

$$y_1 = 100 \sin (\alpha_6 - \epsilon)$$
$$= 100 \sin (92{,}28' - 10{,}6')$$
$$= 100 \sin 81{,}68'$$
$$= 100 \sin 1^0\ 21'\ 41''.$$

$$\lg y_1 = \lg 100 \sin 1^0\ 21'\ 41''$$
$$= \lg 100 = 2{,}0000000$$
$$+ \lg \sin 1^0\ 21'\ 41'' = 0{,}3758187 - 2$$
$$\lg y_1 = \lg 100 \sin 1^0\ 21'\ 41'' = 0{,}3758187$$
$$y_1 = 2{,}3758 \text{ M.}$$

200 Meter zu:

$$y_2 = 200 \sin (\alpha_6 - \alpha_2)$$
$$= 200 \sin (92{,}28' - 23{,}2')$$
$$= 200 \sin 69{,}08'$$
$$= 200 \sin 1^0\ 9'\ 5''.$$

$$\lg y_2 = \lg 200 = 2{,}3010300$$
$$+ \lg \sin 1^0\ 9'\ 5'' = 0{,}3030702 - 2$$
$$\lg y_2 = \lg 200 \sin 1^0\ 9'\ 5'' = 0{,}6041002$$
$$y_2 = 4{,}0189 \text{ M.}$$

300 Meter zu:

$$y_3 = 300 \sin (\alpha_6 - \alpha_3)$$
$$= 300 \sin (92{,}28' - 37{,}58')$$
$$= 300 \sin 54{,}70'$$
$$= 300 \sin 0^0\ 54'\ 42''.$$

$$\lg y_3 = \lg 300 = 2{,}4771213$$
$$+ \lg \sin 54'\ 42'' = 0{,}2016951 - 2$$
$$\lg y_3 = \lg 300 \sin 54'\ 42'' = 0{,}6788164$$
$$y_3 = 4{,}7733 \text{ M.}$$

400 Meter zu:

$$y_4 = 400 \sin (\alpha_6 - \alpha_4)$$
$$= 400 \sin (92{,}28' - 54{,}1')$$
$$= 400 \sin 38.18'$$
$$= 400 \sin 0^0\ 38'\ 11''.$$
$$\lg y_4 = \lg 400 = 2{,}6020600$$
$$+ \lg \sin 38'\ 11'' = 0{,}0455910 - 2$$
$$\lg y_4 = \lg 400 \sin 38'\ 11'' = 0{,}6476510$$
$$y_4 = 4{,}4428 \text{ M.}$$

500 Meter zu:

$$y_5 = 500 \sin (\alpha_6 - \alpha_5)$$
$$= 500 \sin (92{,}28' - 72{,}4')$$
$$= 500 \sin 19{,}88'$$
$$= 500 \sin 0^0\ 19'\ 53''.$$
$$\lg y_5 = \lg 500 = 2{,}6989700$$
$$+ \lg \sin 19'\ 53'' = 0{,}7622129 - 3$$
$$\lg y_5 = \lg 500 \sin 19'\ 53'' = 0{,}4611829$$
$$y_5 = 2{,}8919 \text{ M.}$$

Eine sehr wesentlich bequemere Berechnung der trigonometrischen Functionen und zwar der in den vorliegenden und weiter zu entwickelnden Formeln vorkommenden Sinus und Tangenten der Abgangs- und Einfallwinkeln, auf welche der Königlich Bayerische Premierlieutenant im 10. Jäger Bataillon, Herr O. Emmerich, hinzuweisen die Güte hatte, schliesst in den meisten Fällen den Gebrauch der Logarithmen vollständig aus und gibt den Formeln des vereinfachten Verfahrens bei völlig genügender Präcision erst den wahren praktischen Werth. Hierdurch hat der Officier zur Lösung der in das Gebiet der Praxis besonders vielfach einschlagenden Fragen, nur wenige Formeln,* den Geschoss-Abgangswinkel der Distanz von 100 Distanzeinheiten für seine Waffe, sowie die zweite gleiche Differenz dieser durch den Nullpunct geführten Winkelreihe

* Siehe unten die Zusammenstellungen die Formeln des vereinfachten mathematischen und des graphischen Verfahrens.

dem Gedächtniss einzuprägen, um am Scheibenstande sich sofort in jeder Richtung orientiren zu können.

Die nachstehenden Betrachtungen führen zu diesem entschieden praktischen Wege.

Die Abgangs- und Einfallwinkel der Waffen der verschiedenen Kaliber erreichen, abgesehen von den maximalen Tragweiten, für welche die zu besprechenden Ermittelungen der Flugbahngrössen nicht vorgesehen sind, höchstens den Betrag von 5^0.

Nun ist aber für

Grad	lg sin	sin	lg tg	tg
1	0,2418553 — 2	0,017452	0,2419215 — 2	0,017455
2	0,5428192 — 2	0,034900	0,5430838 — 2	0,034921
3	0,7188002 — 2	0,052336	0,7193958 — 2	0,052408
4	0,8435845 — 2	0,069756	0,8446437 — 2	0,069927
5	0,9402960 — 2	0,087156	0,9419518 — 2	0,087489

Diese absoluten Grössen der Sinus und Tangenten differiren erst in der vierten Decimalstelle und zwar im Maximum nur um 3 Zehntausendstel, können desshalb für die hier in Frage kommenden Winkel als gleich angesehen werden.

Nun ist ferner

$$\lg \sin 1'' = \lg \operatorname{tg} 1' = 0{,}4637261 - 4,$$

daher

$$\sin 1' = \operatorname{tg} 1' = 0{,}00029089$$

oder mit hinlänglicher Genauigkeit die absolute Grösse von

$$\sin 1' = \operatorname{tg} 1' = 0{,}00029.$$

Für den grössten in Betracht zu ziehenden Winkel ist hiernach:

$$\sin 5^0 = \sin 300' = \operatorname{tg} 300' = 300 \,.\, 0{,}00029$$
$$= 0{,}087$$

In Wirklichkeit ist indessen

$$\sin 5^0 = 0{,}087156$$

und

$$\operatorname{tg} 5^0 = 0{,}087489.$$

Nun ist aber

$$\lg 0{,}087 = 8{,}9395193 - 10$$

und

$$\lg \sin 8{,}9395193 - 10 = 4^0\ 59'\ 27''$$
$$\lg \operatorname{tg} 8{,}9395193 - 10 = 4^0\ 58'\ 20'',$$

daher die Differenz der abgekürzten und der logarithmischen Bestimmungen höchstens

$$= 5^0 - 4^0\ 58'\ 20'' = 1'\ 40'',$$

ein Unterschied mit der präcisen Rechnung den der praktische Werth der Kenntniss dieser Flugbahngrösse unbeachtet lassen kann.

Zur Berechnung der absoluten Grössen der in Rede stehenden trigonometrischen Functionen hat man daher nur die Zahl der Minuten des betreffenden Winkels mit 0,00029 zu multipliciren **oder noch einfacher mit 0,0003 zu multipliciren und dann 0,00001 des Winkels wieder abzuziehen,** da mit 0,00030, statt nur mit 0,00029 multiplicirt wurde.

Es ist also hiernach z. B.

$$\sin 17{,}61' = \operatorname{tg} 17{,}61' = 17{,}61 \cdot 0{,}0003 - 17{,}61 \cdot 0{,}00001$$
$$= 0{,}0052830 - 0{,}0001761$$
$$= 0{,}0051069$$

Mit Hülfe der Logarithmen würde sich ergeben haben:

$$\lg \sin 17{,}61' = \lg \sin 17'\ 37'' = 0{,}7096480 - 3$$
$$\sin 17'\ 37'' = 0{,}0051244$$
$$\lg \operatorname{tg} 17{,}61' = \lg \operatorname{tg} 17'\ 37'' = 0{,}7096537 - 3$$
$$\operatorname{tg} 17'\ 37'' = 0{,}0051245$$

daher

$$\sin 17'\ 37'' = \operatorname{tg} 17'\ 37'' = 0{,}005124,$$

ein Betrag der nur um 0,000017 grösser ist, als das Resultat der abgekürzten Berechnung. Gegenüber den mehrerwähnten Ungenauigkeiten der Waffen, ihrer Verwendung, der Beobachtung etc. dürfte dies Verfahren, welches vollständig vom Gebrauch der Logarithmen bei hinlänglich ausreichender Genauigkeit emancipirt, für die Praxis entschieden zu empfehlen sein.

Die oben erhaltenen Ordinaten sollen nunmehr mit Hülfe dieser leichten Bestimmung der trigonometrischen Functionen nachstehend hergeleitet werden.

Entfernung in Meter. Erhebungen der Geschossbahn für 600 Meter über die horizontale Visirlinie in Meter:

100 : 100 M. sin (92,28′ − 10,6′) = 100 M. sin 81,68′ $= 10000 \text{ cm} \left(\frac{81{,}68 \,.\, 3}{10000} - \frac{81{,}68 \,.\, 1}{100000}\right)$

$= \frac{10000}{10000} \text{ cm} \left(81{,}68 \,.\, 3 - \frac{81{,}68}{10}\right) \text{ cm}$

$= 1 \,.\, (81{,}68 \,.\, 3 - 8{,}168) \text{ cm.}$

$= 1 \,.\, (245{,}04 - 8{,}168) \text{ cm.}$

$= 236{,}872 \text{ cm.} = 2{,}3687 \text{ M.}$

200 : 200 M. sin (92,28′ − 23,2′) = 200 M. sin 69,08′ $= \frac{20000}{10000} \text{ cm} \left(69{,}08 \,.\, 3 - \frac{69{,}08}{10}\right)$

$= 2 \,.\, (69{,}08 \,.\, 3 - 6{,}908) \text{ cm.}$

$= 2 \,.\, (207{,}24 - 6{,}908) \text{ cm.}$

$= 400{,}662 \text{ cm.} = 4{,}0066 \text{ M.}$

300 : 300 M. sin (92,28′ − 37,58′) = 300 M. sin 54,70′ $= \frac{30000}{10000} \text{ cm} \left(54{,}7 \,.\, 3 - \frac{54{,}7}{10}\right)$

$= 3 \,.\, (164{,}1 - 5{,}47) \text{ cm.}$

$= 475{,}89 \text{ cm.} = 4{,}7589 \text{ M.}$

400 : 400 M. sin (92,28′ − 54,1′) = 400 M. sin 38,18′ $= \frac{40000}{10000} \text{ cm.} \left(38{,}18 \,.\, 3 - \frac{38{,}18}{10}\right)$

$= 4 \,.\, (114{,}54 - 3{,}818) \text{ cm.}$

$= 442{,}888 \text{ cm} = 4{,}42888 \text{ M.}$

500 : 500 M. sin (92,28′ − 72,4′) = 500 M. sin 19,88′ $= \frac{50000}{10000} \text{ cm.} \left(19{,}88 \,.\, 3 - \frac{19{,}88}{10}\right)$

$= 5 \,.\, (59{,}64 - 1{,}988) \text{ cm.}$

$= 288{,}26 \text{ cm.} = 2{,}8826 \text{ M.}$

Diese Werthe stimmen vollständig hinreichend mit den oben gefundenen Zahlen überein.

Hiernach ist also allgemein nach der vereinfachten Bestimmung den trigonometrischen Functionen und zwar genau ausgedrückt (s. auch van Dam van Isselt, de kogelbaan der getrokken vuurwapens S. 152)*

$$y_x = 2{,}909 \text{ x } (\alpha_n - \alpha_x) \text{ cm.}$$

oder abgerundet:

$$y_x = 2{,}9 \text{ x } (\alpha_n - \alpha_x) \text{ cm.} \qquad 8a.$$

oder nach der vereinfachten Berechnung:

$$y_x = x \left[(\alpha_n - \alpha_x) . 3 - \frac{\alpha_n - \alpha_x}{10} \right] \text{cm.} \qquad 8b.$$

d. h. zur Berechnung der Flugbahnordinaten, hier y_x, der Schussweite n . 100 Meter in Centimeter auf den Zwischendistanzen 1 bis (n — 1), hier z. B. x, multiplicire man die Differenzwinkel $(\alpha_n - \alpha_1)$, $(\alpha_n - \alpha_2) \ldots (\alpha_n - \alpha_{n-1})$, hier also $(\alpha_n - \alpha_x)$ mit der Zahl 3, subtrahire dann ein Zehntel des Differenzwinkels und multiplicire den Rest mit der **Ordnungsnummer** der Zwischen-Distanz, also mit 1, 2, 3 . . . (n — 1), hier also mit der Nummer x. —

---

* van Isselt vertauscht in Formel 8 die Sinus der Winkel mit den Bogen. Die Peripherie des Kreises vom Halbmesser 1 ist in Minuten

$$360 . 60 = 2 . 1 . \pi = 2 . 3{,}141 \ldots$$

daher

$$1 \text{ Min.} = \frac{2 . 3{,}141}{360 . 60} = 0{,}0002909$$

also

$$\alpha_n \text{ Min.} = 0{,}0002909 \, \alpha_n ,$$

daher die Ordinate in Centimeter, wie oben

$$y_x = 2{,}909 \text{ x } (\alpha_n - \alpha_x) \text{ cm.}$$

Die negativen Flugbahnordinaten oder die Senkungen der Bahn auf 100 Meter hinter dem Ziel unter die horizontale Visirlinie leiten sich aus (Fig. 12)

$$\frac{B\,C}{A\,C} = tg\,(\alpha_{x+100} - \alpha_x)$$

$$B\,C = A\,C\;tg\,(\alpha_{x+100} - \alpha_x)$$

$$S = (x + 100)\;tg\,(\alpha_{x+100} - \alpha_x)\;\text{Meter} \qquad 9.$$

für die Distanz x ab, wo $(x + 100)$ die um 100 Meter grössere Entfernung und α_{x+100} den ihr zugehörigen Abgangswinkel bedeutet.

Für $\alpha_7 = 114{,}8$ und $\alpha_6 = 92{,}7$ Minuten berechnet sich die Senkung zu

$$\begin{aligned} S &= 700\;tg\,(\alpha_7 - \alpha_6) \\ &= 700\;tg\,(114{,}8' - 92{,}70') \\ &= 700\;tg\,22{,}1' \\ &= 700\;tg\,22'\;6'' \\ lg\,S &= lg\,700\;tg\,22'\,6'' \\ &= lg\,700 \qquad = 2{,}8450980 \\ &+ lg\;tg\;22'\;6'' = 0{,}8081244 - 3 \end{aligned}$$

$$lg\,S = 0{,}6532224$$

$$S = 4{,}5001\;\text{Meter.}$$

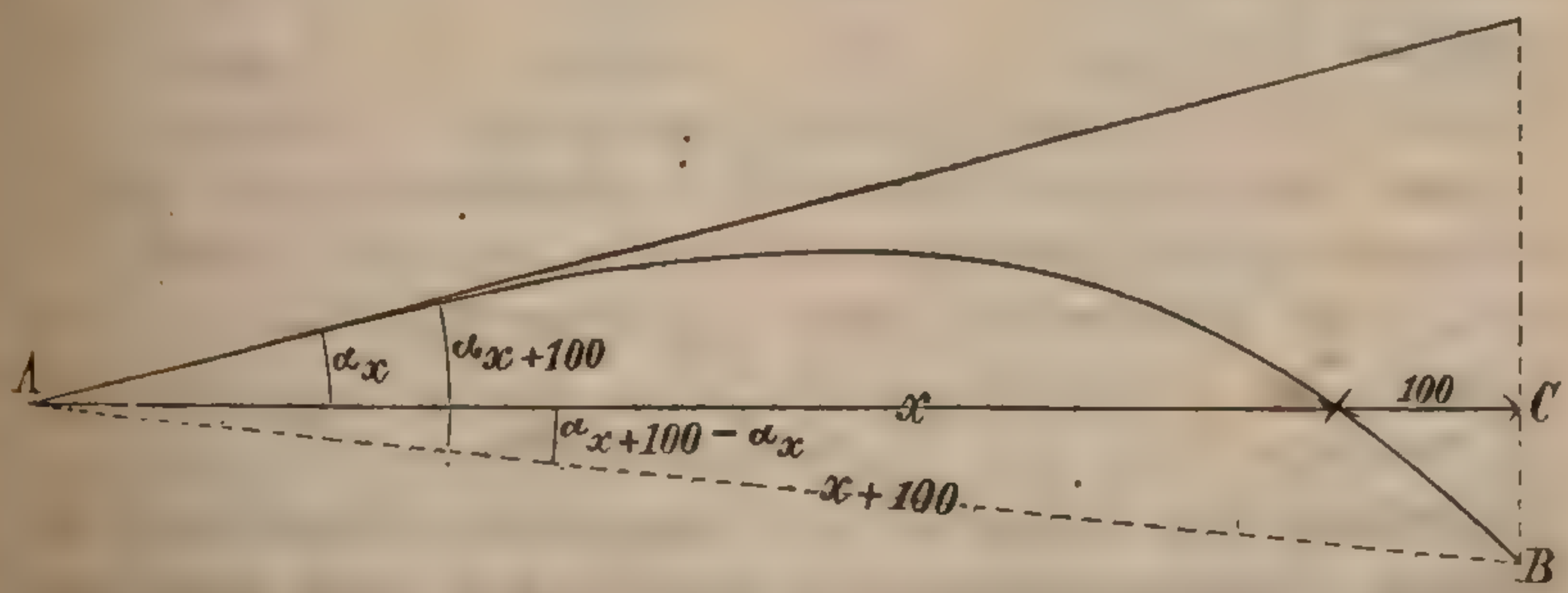


Fig. 12.

Nach der abgekürzten Bestimmung der Tangenten des Differenzwinkels folgt

$$S = 7 \,.\, [(\alpha_7 - \alpha_6) \,.\, 3 - {}^1/_{10}\,(\alpha_7 - \alpha_6)] \text{ cm.}$$
$$= 7\,(22{,}1 \,.\, 3 - 2{,}21) = 7 \,.\, 64{,}09 \text{ cm.}$$
$$= 4{,}4863 \text{ Meter.}$$

Wie aus den Formeln 7, 8 und 9 ersichtlich, hängt die Gestalt der Bahn, somit auch der bestrichene Raum, nicht direct von dem für jede Entfernung erforderlichen Visir- oder Geschoss-Abgangswinkel ab, sondern vielmehr von den Differenzen der Winkel der Bahnen der einzelnen Distanzen mit denen der Zwischendistanzen resp. dem folgenden Gliede der Winkelreihe. Es lässt sich daher nur allein aus den Visir- oder Abgangswinkeln des Geschosses einer Waffe nicht ohne Weiteres über die Rasanz urtheilen. Eine Waffe, deren Geschoss-Abgangswinkel im Allgemeinen grösser sind, als die einer anderen, kann doch günsigere ballistische Ergebnisse bieten, wenn die erforderlichen Winkel verhältnissmässig langsam wachsen — also geringere Differenzen mit den vorhergehenden und nachfolgenden Winkeln ergeben, welche sich in geringeren Beträgen der zweiten gleichen Differenz der Abgangswinkelreihe mathematisch und in einer flacheren und gestreckteren Curve graphisch aussprechen. Dies ist insbesondere für das ältere Langblei des nicht aptirten Zündnadelgewehrs der Fall, bei welchem dieser Betrag für Meterdistanzen nur 1,12 Minuten erreicht, während bei den neueren Waffen derselbe zwischen 1,5 und 3,0 Minuten liegt. Wenn auch dessen erforderliche Visirwinkel im Allgemeinen grösser sind, als die der Waffen des mittleren oder gar des kleinen Kalibers, so ist doch dieser Unterschied auf den grösseren Entfernungen verhältnissmässig kleiner, als auf den näheren. Im Verhältniss zu der geringen Anfangsgeschwindigkeit jenes Projectils sind seine Bahnen sehr flach, seine Einfallwinkel klein und seine bestrichenen Räume gross. (v. P. Z. G. S. 100; Byl. B. S. 366.) Dieses langsame Wachsen bekundet eben eine sehr beharrliche Ueberwindung des Luftwiderstands des Langblei's in Folge seiner vortheilhaften Verhältnisse zwischen dem Kaliber und den Gewichten von Ladung Waffe und Geschoss, sowie seiner günstigen Construction.

6. Die bestrichenen Räume.

Um die bestrichenen Räume auf dem Wege einer einfachen Berechnung mit annähernder, für die Praxis genügender Genauigkeit zu bestimmen, wird von der Krümmung der Flugbahn zwischen den von 100 zu 100 Meter festgelegten Puncten dieser Curve meist abgesehen.

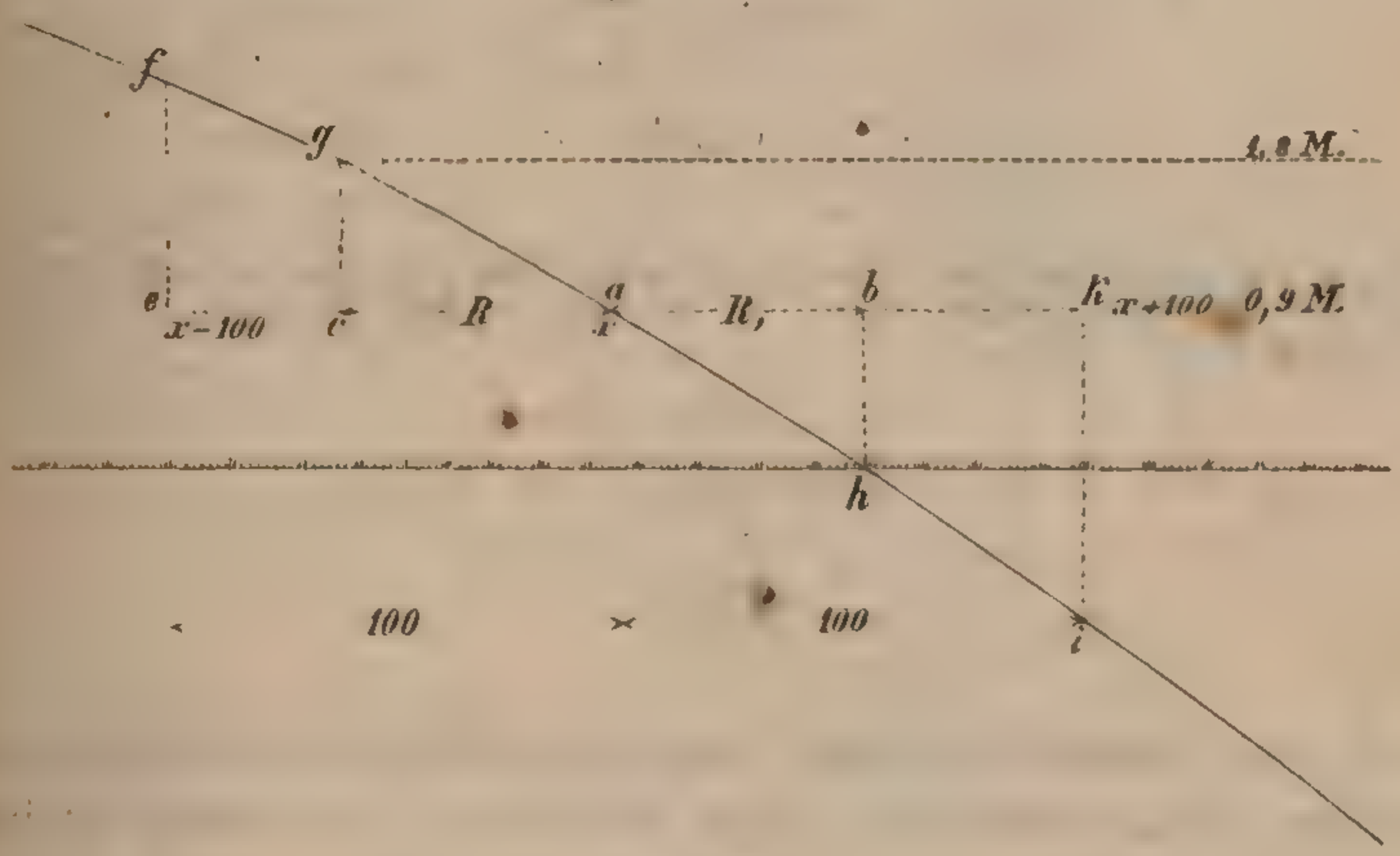


Fig. 13.

Aus den ähnlichen Dreiecken a c g und a e f; a b h und a k i (Fig. 13) folgt für den bestrichenen Raum v o r resp. h i n t e r dem Ziel:

$$ac : ae = cg : ef$$

und

$$ab : ak = bh : ki$$

oder

$$R : 100 = 0{,}9 : (x - 100) \sin (\alpha_x - \alpha_{x-100})$$

und

$$R_1 : 100 = 0{,}9 : (x + 100) \sin (\alpha_{x+100} - \alpha_x)$$

oder

$$R : 100 = 0{,}9 : y_{x-100}$$

und

$$R_1 : 100 = 0.9 : y_{x+100}$$

Es ist daher bei einer Zielpuncthöhe von 0,9 Meter der bestrichene Raum gegen den Infanteristen von 1,8 M. v o r dem Ziel in Metern

$$R = \frac{90}{(x - 100) \sin (\alpha_x - \alpha_{x-100})}$$

$$= \frac{90}{y_{x-100}} \text{ Meter,}$$

für Infanterie und Reiterei hinter dem Ziel

$$R_1 = \frac{90}{(x + 100) \sin (\alpha_{x+100} - \alpha_x)}$$

$$= \frac{90}{y_{x+100}} \text{ Meter,}$$

endlich für den Reiter von 2,5 Meter bei gleicher Zielpunethöhe, vor dem Ziel

$$R_1 = \frac{250-90}{(x - 100) \sin (\alpha_x - \alpha_{x-100})}$$

$$= \frac{160}{y_{x-100}} \text{ Meter.}$$

Es ist daher allgemein, wenn h die betreffenden Zielhöhe vor resp. hinter dem Ziel, also über resp. unter der Visirlinie in Meter bezeichnet

$$R = \frac{100\,h}{y_{x \mp 100}} \text{ Meter.} \qquad 10.$$

Der bestrichene Raum vor und hinter dem Ziel steht mithin zur Zielhöhe im directen, zu der Erhebung oder Senkung der Bahn über und unter der Visirlinie auf der vorhergehenden und nachfolgenden Distanz im umgekehrten Verhältniss. Die hundertfache Höhe des Zielobjects vor resp. hinter dem Ziel in Meter, dividirt durch die Erhebung resp. Senkung der Bahn in Meter auf der vorhergehenden und nachfolgenden Distanz, gibt in Meter die bestrichenen Räume vor resp. hinter dem Ziel. (Vergl. Sgfd. B. S. 28.)

Genauere Resultate werden für den Fall erhalten, dass die beiden bestrichenen Räume kleiner als je 50 Meter sind, also etwa von der Schussweite 200 bis 250 Meter an, wenn statt der Ordinaten der um 100 Meter kleineren und grösseren

Distanzen, diejenigen der nur um 50 Meter verschiedenen Entfernungen in die Rechnung eingeführt werden. Zu dem Ende wäre nach dem vorn erwähnten Verfahren zwischen je zwei Glieder der Abgangswinkelreihe ein Glied zu interpoliren zur Bestimmung der betreffenden Ordinaten. Das Ablesen der Winkel für die um 50 Meter vorhergehenden und folgenden Distanzen nach dem graphischen Verfahren führt rascher zu hinlänglich genauen Annäherungswerthen (s. u.).

Ist für die Distanz von 700 Meter die Erhebung der Bahn auf 600 Meter = 3,914 M. und die Senkung derselben auf 800 Meter = 5,585 M., so berechnet sich der bestrichene Raum bei einer Mannshöhe von z. B. 170 cm. und dem Zielpunct auf halber Mannshöhe

$$\text{vor dem Ziel} = \frac{85}{3{,}914} = 21{,}7 \text{ M.},$$

$$\text{hinter dem Ziel} = \frac{85}{5{,}585} = 15{,}4 \text{ M.},$$

mithin der ganze bestrichene Raum

$$= 21{,}7 + 15{,}4 = 37{,}1 \text{ Meter.}$$

Da bei den vorstehenden Betrachtungen die betreffenden Theile der Curve von 100 zu 100 Meter resp. von 50 zu 50 Meter als gerade Linie behandelt, die bestrichenen Räume also vor dem Object etwas zu gross und hinter demselben etwas zu klein gefunden werden, so kommt man für den Gesammtbetrag des bestrichenen Raums der Wahrheit ziemlich nahe (v. Pl. N. St. II S. 113).

Für kurze Distanzen, bei denen sich der bestrichene Raum dem Scheitel der Bahn — also dem Maximum des bestrichenen Raums — nähert, kann die mathematische Lösung nicht mehr angewendet werden, es ist vielmehr das graphische Verfahren (s. unten) zu Rathe zu ziehen (Sgfd. B. S. 28, vergl. auch Byl. B. S. 360). Es betrifft dies die Distanzen bis zu 300 resp. 400 Meter, je nachdem der bestrichene Raum für den Infanteristen oder den Reiter zu ermitteln ist.

Die bestrichenen Räume zeigen, wie die übrigen Flugbahngrössen, ebenfalls mit den wachsenden Distanzen eine bestimmte Gesetzmässigkeit und zwar eine stetige Abnahme, so dass sie sich, wenigstens für die grösseren nnd mittleren Schussweiten in einer fallenden arithmetischen Reihe höherer Ordnung ausdrücken lassen.

Untersucht man die bestrichenen Räume des schweizerischen Vorderladers M/63 des kleinen Kalibers, welche mit Formel 27 und 28 (s. u. V. Abschnitt. Anhang) berechnet waren, für

1200	1125	1050	975	900	825	750	675	600	525	450 Mt. zu
12,00	13,58	15,37	17,54	20,16	23,46	28,1	33,03	40,23.	50,9	64,55 Min.

so lässt sich folgende Reihe als sehr annähernd darstellen:

12,00		13,60		15,41		17,60		20,36	
	1,60		1,81		2,19		2,76		. . .
		0,21		0,38		0,57		. . .	
			0,17		0,19		0,21		
				0,02		0,02			

Stellt man die für jede Distanz aus der Rechnung gefundenen und durch die graphische Darstellung bestätigten Ergebnisse mit den Gliedern der obigen Reihe zusammen, so zeigt sich die folgende schöne Uebereinstimmung

Distanz in Meter		450	525	600	675	750	825	900	975	1050	1125	1200
Bestr. Raum in Meter	Curve	64,5	50,9	40,2	33,0	28,1	23,5	20,2	17,5	15,4	13,6	12,0
	Reihe	62,0	50,8	41,6	31,2	28,4	23,9	20,3	17,6	15,4	13,6	12,0

Erst für 375 Meter ergibt sich eine namhafte Differenz, nemlich 75,8 für 87,2, weil diese Distanz schon dem Rayon des Standvisirs bis auf etwa 40 Meter genähert ist. (Vergleiche v. Pl. u. Wgd. D. G. S. 90 etc.)

7. Zusammenstellung der Formeln des vereinfachten mathematischen Verfahrens zur Ermittelung der Flugbahngrössen.

1) Die Geschossabgangswinkel.

$$\alpha_n = n\ \alpha_1 + \frac{n\ (n-1)}{1\ .\ 2}\ \delta^\alpha \text{ Minuten.} \qquad 1.$$

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_n - \frac{n\ (n-1)}{1\ .\ 2}\ \delta^\alpha}{n} \text{ Minuten.} \qquad 2.$$

2) Die Einfallwinkel.

$$\varphi_n = \alpha_n + \frac{n^2\ \delta^\alpha}{2} \text{ Minuten.} \qquad 3.$$

$$\varphi_1 = \alpha_1 + \frac{\delta^\alpha}{2} \text{ Minuten.} \qquad 3a.$$

$$\delta^\varphi = 2\ \delta^\alpha \text{ Minuten.} \qquad 4.$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{y_{x-100} + y_{x+100}}{200} \text{ Minuten.} \qquad 5.$$

3. Die Scheitel-Ordinaten und Abscissen.

$$y = 3{,}636\ n\ (\alpha_n + \varphi_n) \text{ mm.} \qquad 6.$$

$$x_{\text{Scheitel}} = 55\ n \text{ Meter.} \qquad 6a.$$

4. Die Flugbahnordinaten.

$$y_x = x\ (\operatorname{tg} \alpha_n - \operatorname{tg} \alpha_x) \text{ Meter.} \qquad 7.$$

oder:

$$y_x = x\ \operatorname{tg}\ (\alpha_n - \alpha_x) \text{ Meter.}$$

$$y_x = x\ \sin\ (\alpha_n - \alpha_x) \text{ Meter} \qquad 8.$$

oder;

$$y_x = 2{,}9\ x\ (\alpha_n - \alpha_x) \text{ cm.} \qquad 8a.$$

oder vereinfacht:

$$y_x = x \left[(\alpha_n - \alpha_x) . 3 - \frac{\alpha_n - \alpha_x}{10} \right] \text{cm.} \qquad 8b.$$

$$S = (x + 100) \operatorname{tg} (\alpha_{x+100} - \alpha_x) \text{ Meter} \qquad 9.$$

5. Die bestrichenen Räume.

$$R = \frac{100\ h}{y_x + 100} \text{ Meter.} \qquad 10.$$

b. Die graphische Herleitung der Flugbahngrössen.

Gelegentlich der mathematischen Herleitung der Flugbahngrössen wurde gezeigt, wie unter denselben Schussverhältnissen mit den wachsenden Distanzen auch ein gesetzmässiges Fortschreiten der erforderlichen Visir- resp. Abgangswinkel der Handfeuerwaffen verbunden ist, d. h. wie sich die Winkel in einer durch den Nullpunct führenden, wachsenden arithmetischen Reihe der zweiten Ordnung ausdrücken lassen. Ebenso wurde bezüglich der Einfallwinkel die gleiche stetige Zunahme mit der Distanz constatirt. Die anderen Flugbahngrössen, als Functionen der Abgangswinkel sind einer entsprechenden Gesetzmässigkeit desgleichen unterworfen und entziehen sich auch derselben nicht, obgleich in Folge der vorgenommenen Abkürzungen, Vernachlässigungen und unvermeidlichen Rechenfehler ein Anschluss an die Reihen nicht sofort mathematisch genau verlangt werden kann, vielmehr erst, indessen ohne erhebliche Abweichungen von den Resultaten der Rechnung, durch Regelung derselben herzustellen ist.

Die Flugbahngrössen, welche dieser Gesetzmässigkeit unterliegen, lassen sich nun auch in einem rechtwinkligen Coordinaten-Systeme durch eine Curve, also graphisch darstellen.

Die in gleichen Abständen wachsenden Distanzen werden, als unabhängig veränderliche Grössen auf die Abscissenachse des Coordinatensystems, die denselben zugehörigen abhängigen veränderlichen Flugbahngrössen auf die Ordinaten der einzelnen

Distanzpuncte aufgetragen. Die Curve, welche die Endpuncte der Ordinaten zwanglos verbindet, bringt alsdann das Gesetz der Abhängigkeit der Flugbahngrössen von den Distanzen zur unmittelbaren praktischen Anschauung. Die vergleichenden graphischen Darstellungen sind ganz besonders geeignet klare Begriffe über den Einfluss der einzelnen Grössen durch ihren deutlichen und lebendigen Eindruck zu geben.

Ein äusserst bequemes und sehr förderliches Mittel für dieses graphische Verfahren, welches für die Praxis hinlänglich sichere Resultate gibt, bietet die Benutzung von quadrirtem Papier, sogenannten Gitterbogen.*

Je grösser der Massstab für die Ordinaten der graphischen Darstellung gewählt wird, um so grösser wird die Genauigkeit des Verfahrens sein, um so schärfer werden sich dessen Resultate den wirklichen Grössen anschliessen. Der Massstab für die Abscissen muss selbstverständlich bedeutend kleiner sein. In beiden Fällen wird er sich nach der Grösse des gegebenen Papiers richten und dürfte für den Abscissenmassstab genügen, wenn 50 mm. = 100 Meter angenommen werden; für die Ordinaten ist derselbe aus der höchsten aufzutragenden Grösse gegenüber der disponiblen Papierhöhe herzuleiten.

Die graphische Darstellung der Flugbahngrössen, welche eine gegen die Abscissenachse gekrümmte convexe und mit den wachsenden Distanzen aufsteigende event. fallende Curve bilden, gestaltet sich einfach wie folgt:

Die Distanz-Abstände für Meterhunderte werden auf der Abscissenachse (Fig. 14) im gewählten Massstabe bestimmt, auf den Ordinaten dieser Puncte die zugehörigen Beträge der Abgangswinkel, der Einfallwinkel und der Scheitelordinaten etc. in Längeneinheiten der ermittelten Massstäbe aufgetragen. Mit Hülfe eines langen biegsamen hölzernen Lineals, dessen Querschnitt ein Quadrat von etwa 2 bis 3 mm. Seite

* Besonders empfehlenswerth ist das quadrirte französische Maschinen-Ellenpapier (Papier millimètrique à Cousin et Cie surs de Reichmann, rue de Bac 53 à Paris), wie es die Schreibmaterialienhandlung von L. B. Müller in Darmstadt (Schulstrasse) führt. Der Preis per Meter der feineren Sorte ist 1,03, der zweiten nur 0,80 Mark.

bildet, werden die Endpuncte der aufgetragenen Winkel- etc. Grössen zwanglos zu einer Curve so verbunden, dass die meisten Puncte in dieselbe fallen, event. die Summe ihrer Abstände zu beiden Seiten der Curve etwa gleich gross sind.

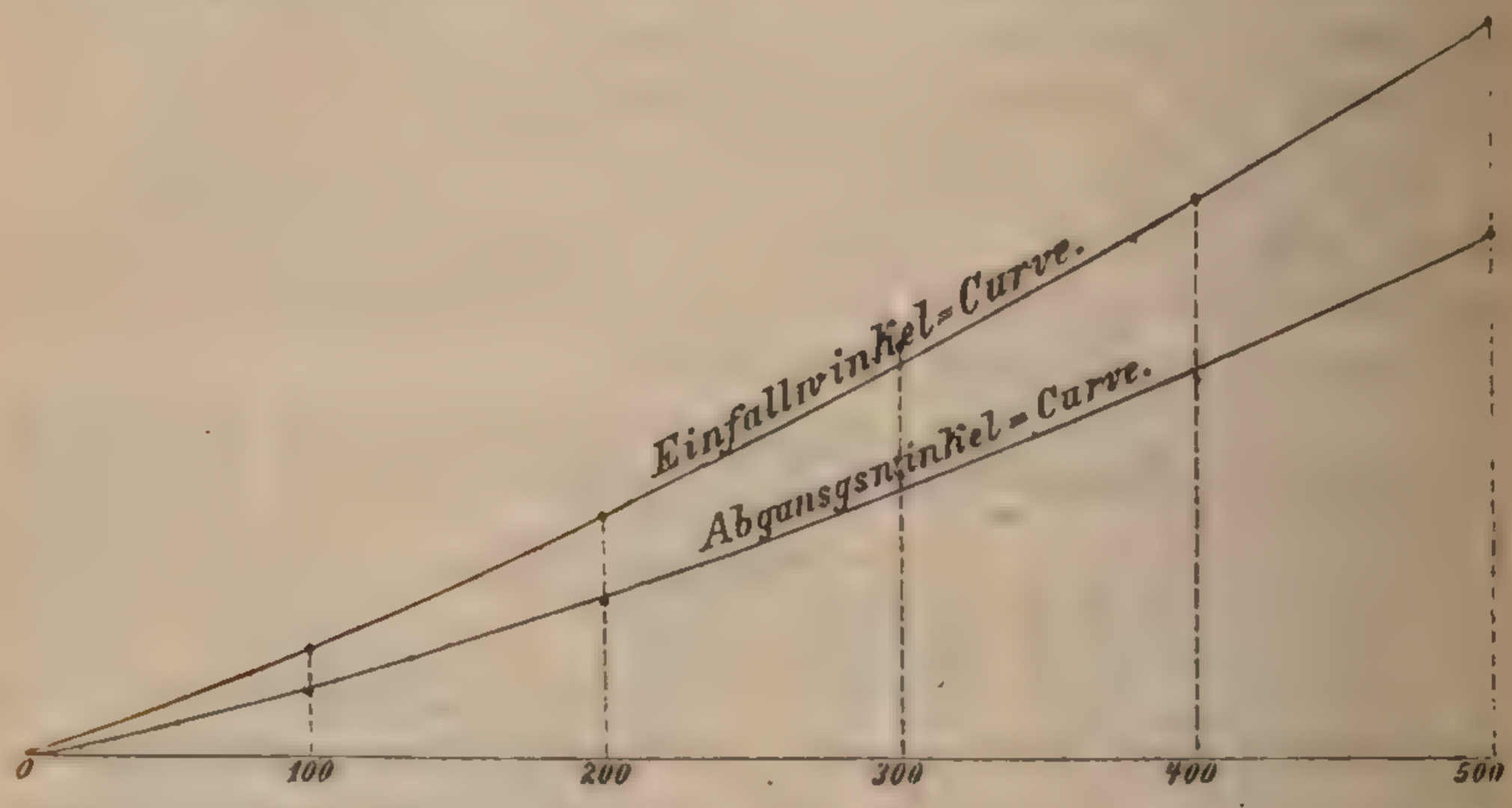


Fig. 14.

Waren sämmtliche Flugbahngrössen auf irgend einem ballistischen Wege bereits berechnet, so werden sich die Curven vollständig zwanglos durch die Endpuncte der Ordinaten führen lassen. Etwa ausserhalb der Curve fallende Puncte deuten dann ganz entschieden und unzweifelhaft Fehler oder Ungenauigkeiten der eingeschlagenen mathematischen Bestimmung an.

Das graphishe Verfahren kann mithin zur sichersten und praktischsten Revision und Controle der mathematischen Ermittlungen dienen.

Waren von den gesuchten Flugbahngrössen nur diejenigen einzelner Distanzen bekannt, so werden nur diese auf den Ordinaten der betreffenden Entfernungspuncte aufgetragen und ihre Endpuncte in obiger Weise zu einer stetigen Curve verbunden. Die fraglichen Grössen der einzelnen unbekannten Zwischendistanzen sind alsdann nach dem gewählten Massstabe abzulesen und die vollständige Gesetzmässigkeit herzustellen, indem sämmtliche Werthe, wie vorn erläutert, durch arithmetische Reihen

ausgedrückt und somit die Ungenauigkeiten im Ablesen aus den immerhin kleinen Massstäben wieder ausgeglichen werden.

Für jede beliebige Zwischendistanz sind die entsprechenden Beträge der Flugbahngrössen in den Ordinaten dieser Entfernung von ihrem Fusspunct bis zu ihrem Schnittpunct mit der Curve der Abgangs-, der Einfall-Winkel, der Scheitelordinaten etc. gegeben und abzulesen. Umgekehrt kann aber auch die zu jeder beliebigen Flugbahngrösse, also jedem Winkel, jeder Scheitelordinate etc. zugehörige Distanz aus der graphischen Darstellung abgelesen werden. In dem Coordinatensystem wird diejenige Ordinate der Abgangswinkel- etc. Curve gesucht, deren Grösse dem gegebenen Betrage entspricht. Der Abstand des Fusspunctes dieser Ordinate von dem Nullpunct der Abscissenachse stellt die gesuchte Distanz dar, zu welcher jene gegebene Flugbahngrösse gehört.-

Die graphische Methode ersetzt mithin sicher, leicht und rasch die mathematische Interpolation zur Ermittlung der Flugbahngrössen der bei den Versuchen wegen Munitions- und Zeit-Ersparniss nicht beschossenen Entfernungen und zwar mit für die Praxis vollständig hinreichender Genauigkeit.

Wie im Abschnitt „V. Anhang“ gezeigt wird, lassen sich die Flugbahngrössen für die bestimmten Distanzen einfach und präcis für diejenigen anderer Massstäbe auf mathematischem Wege ableiten, sobald das Grundmass der einen Distanzgrösse in einem seiner Vielfachen sich in Hunderten derjenigen des anderen Distanzgrundmasses verwandeln lässt, wie z. B. die Uebertragung der Flugbahngrössen von Meterhunderten für Schritthunderte zu 75 Meter oder umgekehrt, da dann genau 400 Schritt gleich 300 Meter sind.

Weniger einfach und nicht sofort präcis ist dies der Fall bei vielen anderen Entfernungsgrössen, wie z. B. bei dem österreichischen Schritt zu 75,8 cm., für welchen z. B. 400 Schritt = 303,2 Meter sind; den englischen Yards zu 91,438 cm; den dänischen Alen gleich 62,77 cm.; den schwedischen Fussen zu 29,6906 cm.; den russischen Arschinen zu 71,11 cm. etc., bei welchen eine derartige einfache Relation zwischen diesen Grössen und den jetzt üblichen Meterhunderten nicht besteht.

In diesen Fällen führt das graphische Verfahren am sichersten und raschesten zum Ziele.

Bei dem vorgeschlagenen Abcissenmassstab von 50 mm. für je 100 Meter wäre z. B. für das englische Martini-Henry-Gewehr, zu welchem die Visirwinkel der Distanzen in Yards = 91,438 cm. gegeben waren, der Abscissenmassstab für je 100 Yards, das sind 91,438 Meter zu 45,7 mm. zu wählen.

Auf den Yards-Ordinaten bleiben alsdann die nachfolgenden Visirwinkel für

100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400 Yards zu
29,15	40,08	49,80	66,20	86,76	105,78	123,68	144,93	186,71	190,16	214,71	242,03	275,1	311,05 Minuten

in dem vorgeschriebenen Ordinatenmassstab aufzutragen, die Visirwinkelcurve zu ziehen und endlich die Ordinaten für die Abscissen von je 100 Meter = 50 mm. abzulesen.

Es ergeben sich dabei für

100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200 Meter die Winkel
30,5	43,0	57,1	73,5	92,8	114,0	137,5	161,8	186,5	214,0	244,2	277,0 zu Minuten.
	12,5	14,1	16,4	19,3	21,2	23,5	24,3	24,7	27,5	30,2	32,8
		1,6	2,3	2,9	1,9	2,3	0,8	0,4	2,8	2,7	2,6

selbstverständlich durch die unvermeidlichen Fehler des Auftrags in dem kleinen Massstabe und der noch unvermeidlicheren Ungenauigkeiten des Ablesens, nur in annähernden Zahlen.

Nach dem vorn erwähnten Verfahren deutet der Unterschied des letzten und ersten Gliedes der ersten Differenzenreihe 32,8 — 12,5 = 20,3 für jedes der 10 Zwischenglieder der zweiten Diffe-

renzenreihe auf die Zahl $\frac{20,3}{10} = 2,03$ Minuten der zweiten gleichen Differenz.

Bei unveränderten ersten Gliedern der ursprünglichen Reihe, welche als genauer ermittelt angesehen werden müssen, und der ersten Differenzreihe gibt die zweite gleiche Differenz von 2,03 Minuten die nachstehenden Werthe für

100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200 Meter zu
30,5	43,0	57,53	74,09	92,68	113,30	135,95	160,63	187,34	216,08	246,85	279,65 Min.
	12,5	14,53	16,56	18,59	20,62	22,65	24,68	26,71	28,74	30,77	32,8
		2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03

also etwas zu gross, gegenüber denjenigen der Beschiessung, insbesondere auf den weiteren Entfernungen, indem die Differenz der Mehr- und Minderbeträge der einzelnen Glieder beider Reihen $= + 9,24 - 3,52 = + 5,72$ Minuten ist.

Probirwerthe für die zweite gleiche Differenz eingeführt, gibt schliesslich die Grösse von 2,0 Minuten die nachstehende Winkelreihe:

0	100	200	300	400	500	600	700	800	9000	1000	1100	1200 Meter die Winkel.
19,95	30,47	42,99	57,51	74,03	92,55	113,07	135,59	160,11	186,63	215,15	245,67	278,19 zu Minuten.
	10,52	12,52	14,52	16,52	18,52	20,52	22,52	24,52	26,52	28,52	30,52	32,52
		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Die Mehr- und Minderbeträge der einzelnen Glieder gegenüber denjenigen der Beschiessung beziffern sich jetzt nur auf $+ 4,88 - 4,82 = + 0,06$ Minuten, sind also annähernd gleich.

Vielleicht würden etwas grössere oder kleinere Werthe für die zweite gleiche Differenz noch genauer anschliessende Resultate gegeben haben; im Hinblick aber, dass die Visirwinkel in der Praxis doch nur Näherungswerthe für die ganze Bewaffnung darstellen können, deren Veränderlichkeit von dem Gewehr als Individuum, von dem Zustand der Temperatur, des Schützen abhängt, dürfte das vorstehende Verfahren als vollkommen zutreffend erscheinen, insbesondere wieder andererseits gegenüber der viel wesentlicheren, aber unvermeidlichen Ungenauigkeiten der Beobachtung und Aufnahme des einzelnen Schusses bei den Versuchen.

Die Depression mit 19,5 Minuten für den Visirwinkel jeder Distanz in Abzug gebracht, resultirt die wirkliche Abgangswinkelreihe der englischen Waffe.

Das graphische Verfahren empfiehlt sich somit ferner für die Uebertragung der Flugbahngrössen eines gegebenen Distanzmassstabs in einen anderen, für welche einfache Grössenrelationen nicht bestehen, wie bei Schritthunderten zu 75 M. und Meterhunderten. —

Die mathematische Herleitung der Grössen der bestrichenen Räume der einzelnen Entfernungen hat gezeigt, wie sich dieselben in einer fallenden arithmetischen Reihe höherer Ordnung ausdrücken lassen. Dem Charakter dieser Reihe entsprechend sind dieselben auch in einer steil abfallenden nach der Abscissenachse convexen und sich ihr stets mehr nähernden Curve darzustellen, wie Fig. 15 zeigt.

Die Abscissen bilden die Horizontalprojectionen der Bahnen von der Mündung der Waffe bis zu dem Schneidepunct mit der horizontalen Visirlinie; die Ordinaten aber sind die Horizontalprojectionen des absteigenden Endes einer jeden der gedachten Bahnen, vom Schneidepunct mit der Parallelen auf Zielhöhe bis zum Geschossaufschlag auf dem Boden. Der bestrichene Raum vor dem Schützen ist daher nicht in Betracht gezogen. Die Curve culminirt also, wenn die Abscisse gleich der Kern- oder Visirschussweite des Maximums des bestrichenen Raums und die Ordinate gleich der Horizontalprojection des ganzen niedersteigenden Astes ist. Diesseits (links) dieses Culminationspunctes

würde die Curve sich wieder rascher absenken, da sich die (von jetzt an mit den bestrichenen Räumen identischen) Längen der niedersteigenden Aeste natürlich mit derjenigen der ganzen

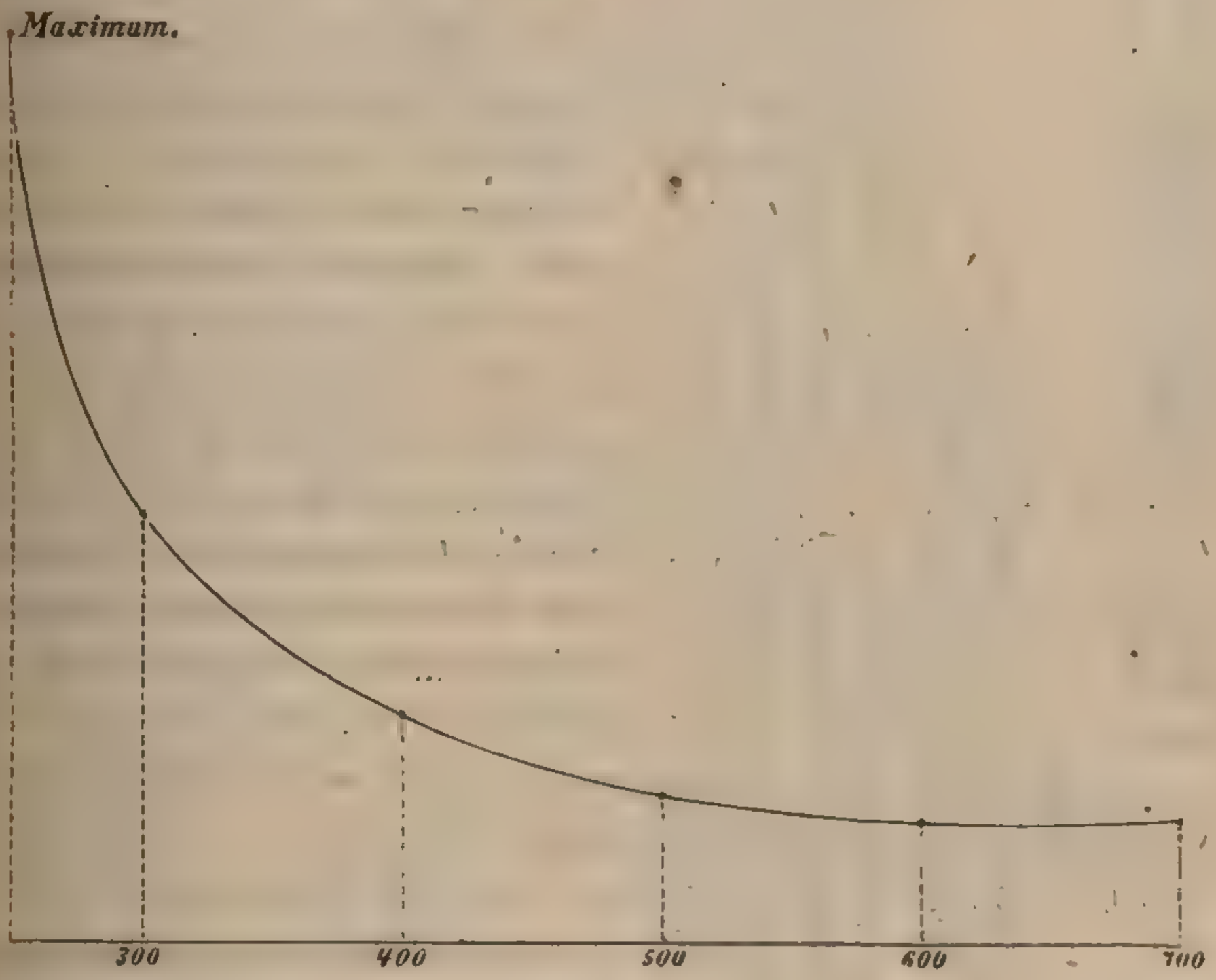


Fig. 15.

Bahnen, also der beschossenen Abstände mindern. Aber es hat kein Interesse mehr den bestrichenen Raum für einen gewissen Theil der Bahn zu bestimmen, sobald nicht nur dieser ganze Theil, sondern auch die Bahn überhaupt mit den bestrichenen Räumen gleichbedeutend ist.

Alle beschossenen Waffen der verschiedensten Kaliber zeigen denselben allgemeinen Charakter der Curve, deren steigende Entwickelung — vom Ziel gegen den Schützen hin — sich für alle grösseren und mittleren Distanzen durch eine arithmetische Reihe ausdrücken lassen. Erst wenn die Einfallwinkel sehr klein werden (also für die Schussweiten, welche nur wenig grösser sind, als die Tragweite des Standvisirs) macht sich ein sehr rascher Uebergang geltend, der die letzten Glieder der

Fig. 16.

Die Flugbahn des Wergewehrs M/69 auf 400 Meter.
(Nach der Beschiessung im September 1868.)

(Die Figur ist des Raumes wegen nicht in dem scinsollenden Abscissenmasstab 100 Meter = 50 mm. und dem Ordinatenmasstab 1 Meter = 5 mm, ausgeführt. In diesem Massstab 1 : 200 wären $y_1 = 1{,}1989$ Meter mit 5,99 mm.; $y_2 = 1{,}7298$ Meter mit 8,649 mm.; $y_3 = 1{,}3963$ M. mit 6,981 mm. und $y_5 = -2{,}66$ M. mit $-13{,}284$ mm. über resp. unter der Visirlinie als Ordinaten aufzutragen gewesen. Die Figur hätte dann die bestrichenen Räume und in Summe zu 25,84 mm.; 20,17 mm. und 46,41 mm. ergeben, was im Massstab von 1 : 2000 darstellt: 51,88 M.; 40,84 M. und 92,72 M.)

betreffenden Reihe etwas überholt. (Siehe v. Pl. und Wgd. D. G. S. 29.)

Sind nur die bestrichenen Räume einzelner Entfernungen jenseits der Tragweite des Maximums des bestrichenen Raums bekannt, so können die der zwischenliegenden abgelesen werden, ebenso die Längen der Räume für Distanzen anderer Massstäbe wie Yards, Arschinen, Alen etc.

Zur graphischen Darstellung der Flugbahnen der verschiedenen Entfernungen durch die errechneten Ordinaten der Zwischendistanzen ist für die Abscissen der Massstab von $^1/_{2000}$, für die Ordinaten von $^1/_{200}$ zu wählen, wobei sich gefällige Verhältnisse ergeben. (S. v. Pl. N. St. I. S. 138.) (Fig. 16.)

Sind die Erhebungen der Flugbahn über der horizontalen Visirlinie, vielleicht auf Distanzen und für Abstände, welche in Intervallen von 40 oder 50 Meter wachsen, zu bestimmen, so werden die betreffenden Abgangs- und zugehörigen Einfallwinkel für die Zwischendistanzen in den Winkelcurven abgelesen und aus beiden die Ordinaten berechnet.

Sind die Erhebungen der Flugbahn über den Horizont bei geneigter Visirlinie z. B. bei den Anschlagshöhen von 30 cm. im Liegen, von 90 cm. im Knieen, von 125 cm. im Stehen,

gegen den stehenden Mann von 180 cm. oder den nur sichtbaren Kopf von 30 cm. nach der Mitte des Ziels, dann vielleicht auch bei Distanzen und für Abstände, welche um 40 bis 50 Meter wachsen, zu bestimmen, so dürfte ebenfalls, besonders in Betracht des praktischen Werthes der Kenntniss dieser Zahlen, das Ablesen der gesuchten Grössen aus der unter den gegebenen Bedingungen graphisch dargestellten Bahn einzuschlagen sein.

Da für die Construction der Flugbahn die Senkungen derselben unter die Visirlinie auf der hinter dem Ziel liegenden nächstgrösseren Entfernung ebenfalls berechnet sind, können dann auch gleichzeitig bei deren graphischen Darstellung die bestrichenen Räume in den zuletzt erwähnten verschiedenen Fällen einfach abgelesen werden, andernfalls müsste bei der mathematischen Herleitung der jeweilige Neigungswinkel der Visirlinie mit in Betracht gezogen werden.

Zur Construction der bestrichenen Räume vor und hinter dem Ziel dienen die berechneten Erhebungen und Senkungen der Flugbahn vor und hinter dem Ziel auf den vorhergehenden und nachfolgenden Distanzen. Die beiden Parallelen mit der Visirlinie auf halbe Mannshöhe über und unter derselben schneiden das Stück der Flugbahn ab, dessen Projection den bestrichenen Raum bezeichnet. (Siehe Fig. 13.)

Die Flugbahngrössen für das Maximum des bestrichenen Raums werden am einfachsten und raschesten durch die graphische Darstellung der einschlägigen Flugbahngrössen ermittelt, da die Herleitung auf mathematischem Wege zur umständlicheren Lösung von mehreren Gleichungen des dritten Grades (s. u. Abschnitt „IV. das Prehn'sche Verfahren“) führt.

In der Curve der Scheitelordinaten (Fig. 17) suche man zu dem Ende die der Höhe des Zielobjects vor dem Ziel entsprechende Ordinate von z. B. 0,85 Meter für halbe Mannshöhe und ihren Abstand vom Nullpunct der Abscissenachse. Man sieht sofort, dass die Ordinate 0,85 Meter zur Abscisse 293 Meter, der Visirschussweite des Maximums des bestrichenen Raums, gehört. Die Ordinate schneidet die Curven der Abgangs- und Einfallwinkel in Puncten, welche den Beträgen von 36 Minuten resp. 44 Minuten entsprechen. Mit dem Einfallwinkel von

44 Minuten ergibt sich aus der Formel 10 der bestrichene Raum hinter dem Ziel zu 56 Meter. Es ist mithin für das Maximum des bestrichenen Raums:

die Visirschussweite	= 293	Meter,
der bestrichene Raum hinter dem Ziel	= 56	„
das Maximum also	= 349	„
der zugehörige:		
Abgangswinkel	= 36	Minuten,
Einfallwinkel	= 44	„ .

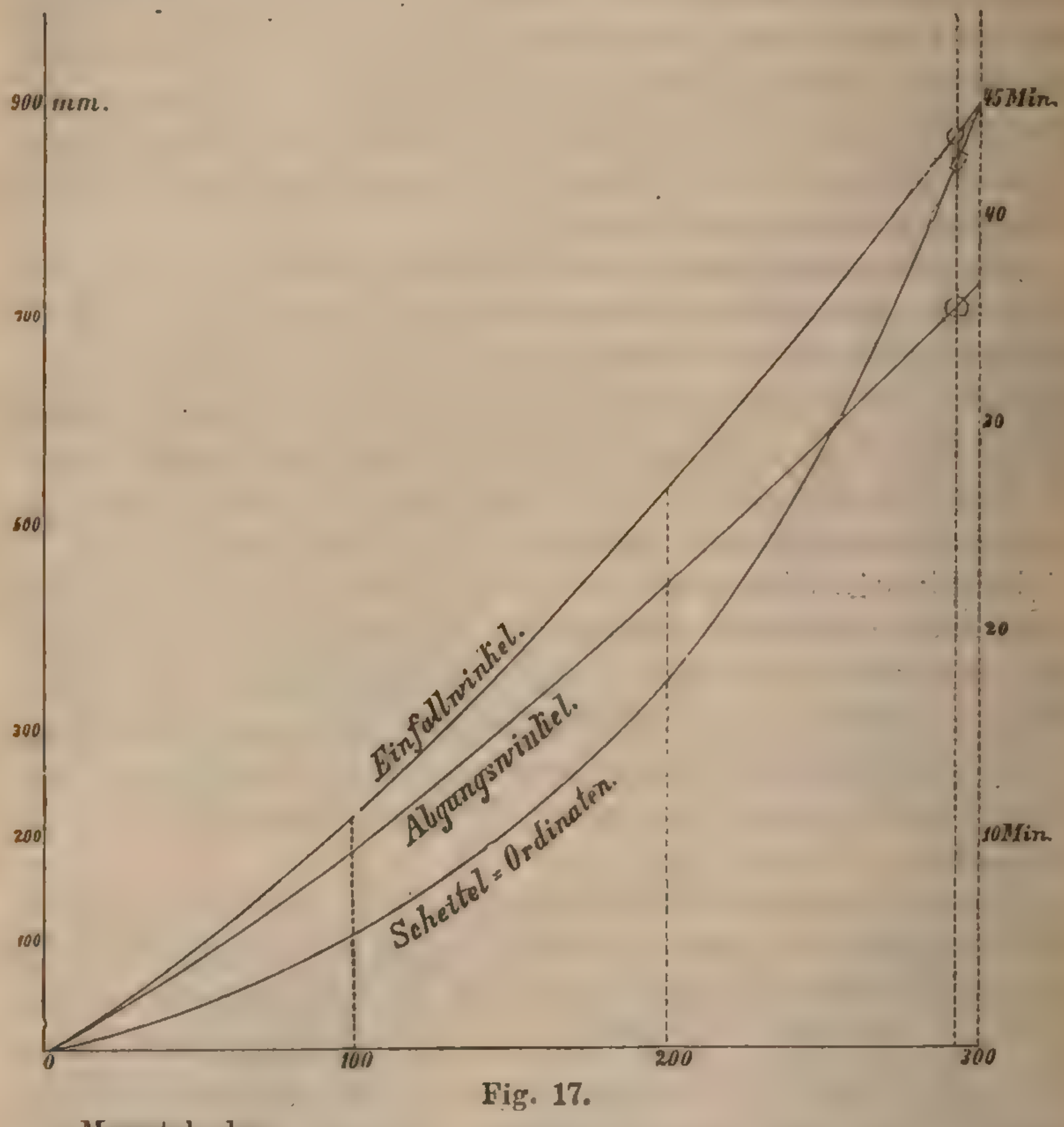


Fig. 17.

Massstab der

Abscissen	: 100 M.	= 30 Mm.
Ordinaten der Winkel	: 10 Min.	= 20 Mm.
Ordinaten der Scheitel	: 100 Mm.	= 10 Mm.

Die Richtigkeit der Beträge von α, φ und x kann schliesslich nochmals durch Berechnung der grössten Ordinate geprüft werden, wobei man natürlich als Resultat eben jene halbe Mannshöhe, event. den Rest 1,65 M. der Reiterhöhe von 2,5 M. bei der halben Mannshöhe von 0,85 M. erhalten muss. —

Einfacher und rationeller ist die Bestimmung des Maximums des bestrichenen Raumes und der bestrichenen Räume jenseits desselben mit Hülfe des sogenannten Schwenkungswinkels in der graphischen Darstellung der Flugbahn, wenn die nachstehend entwickelten Gleichungen graphisch gelöst werden, anstatt der Lösung durch Probirwerthe aus den Winkelreihen, wie sie Prehn in seiner Artillerie-Schiesskunst ausführt.

Auch die Neigungswinkel der Bahn an einer beliebigen Stelle lassen sich damit bestimmen, ein Faktor, der besonders bei der Beantwortung taktisch-ballistischer Fragen in Betracht kommt. Die Abscisse des Culminationspunctes ergibt sich auf diesem Wege ebenfalls sehr einfach und hinlänglich genau, gegenüber den sonst erforderlichen, umständlichen und zeitraubenden Rechnungen (s. u. die Prehn'sche Methode). —

Das einzuschlagende Verfahren leitet sich aus nachstehenden Erwägungen her. (Vergleiche auch Prehn's Artillerie-Schiesskunst S. 72 etc.).

In Figur 18 bezeichne A die Mündung der Waffe, AC die horizontale Visirlinie nach den Zielpuncten E und C.

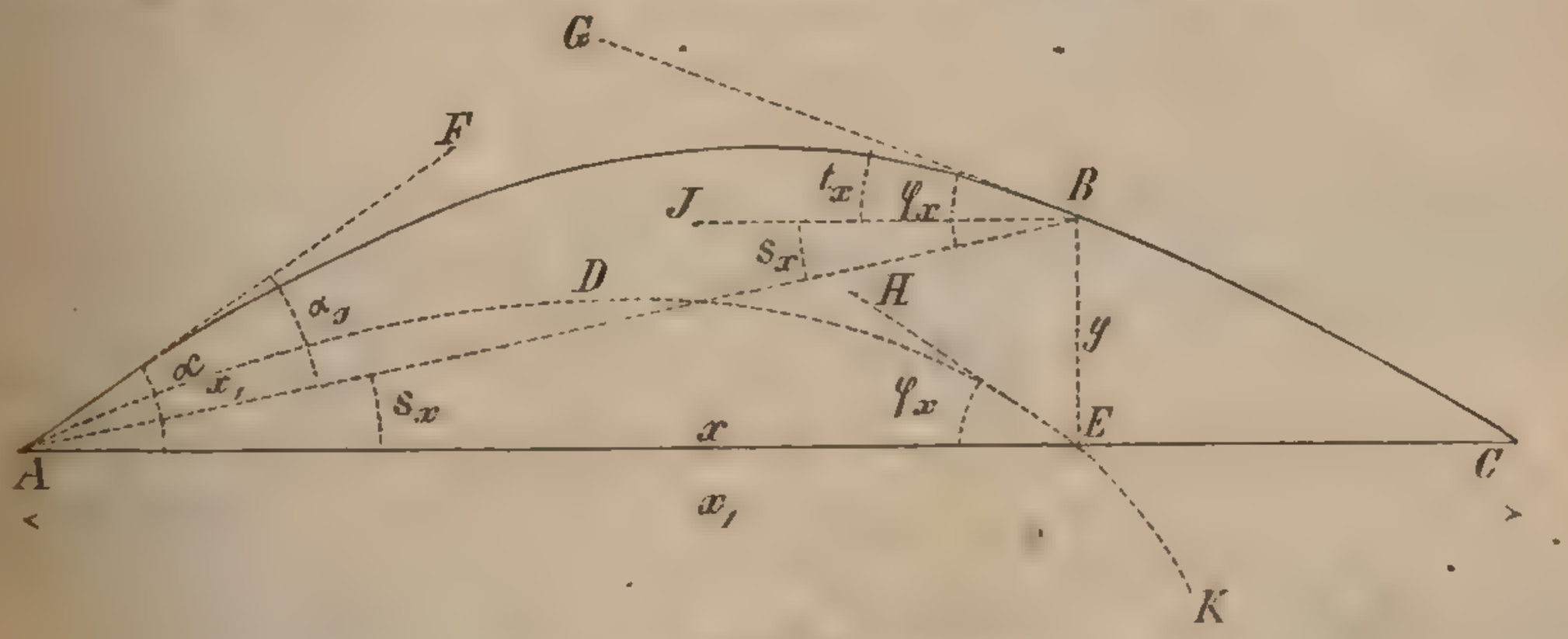


Fig. 18.

Wird die Flugbahn ADEK für die Distanz AE = x als feste unbiegsame Linie angesehen, so kann man sich dieselbe

um die Mündung A in die Lage ABC, als Bahn für die Entfernung AC = x_1 gehoben denken. Der Winkel BAC, um den die Bahn gehoben wurde, bezeichnet den Schwenkungswinkel s_x für die Schwenkungshöhe BE der Bahn ADE = AB für die Schussweite AE = AB = x.

Wie aus der Figur 18 hervorgeht, ist der Schwenkungswinkel

$$s_x = \alpha_{x_1} - \alpha_x \qquad 11.$$

d. h. der Schwenkungswinkel s_x, um den die Bahn der kleineren Schussweite x gehoben werden muss, um die Lage der Bahn der grösseren Schussweite x_1 zu erreichen, ist gleich der Differenz der, beiden Schusweiten x_1 und x zugehörigen, Abgangswinkel α_{x_1} und α_x.

Wie weiter aus Fig. 18 ersichtlich, berechnet sich der Schwenkungswinkel direct mit Hülfe des Ausdrucks tg $s_x = y/x$.

Die Schwenkungswinkel* s_1, s_2 . . . s_x der aufein-

---

* Die Schwenkungswinkel lassen sich mit voller Genauigkeit auch wiederum ohne Gebrauch der Logarithmen sehr einfach durch folgende Erwägung bestimmen:

In der Fig. 19 ist s der Schwenkungswinkel der Distanz 100 Meter, s_x derjenige der Distanz x = n . 100 Meter. Es verhält sich nun, da c = 99,99 Meter ist, also zu 100 Meter gesetzt werden kann:

$$b : c = \sin \beta : \sin s_x$$

oder da

$$s = \beta + s_x$$

somit

$$\beta = s - s_x$$

ist, folgt

$$(n - 1)\ 100 : 100 = \sin (s - s_x) : \sin s_x$$

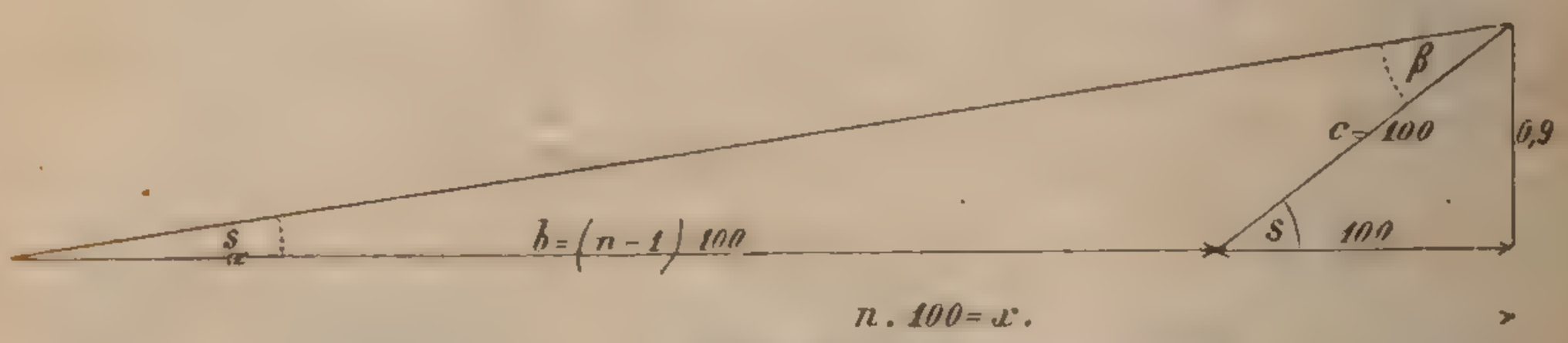


Fig. 19.

Die hier in Betracht kommenden kleinen Winkel können direct an Stelle deren Sinus gesetzt werden, daher

anderfolgenden Distanzhunderte für die Schwenkungshöhe gleich halber Mannshöhe (y = 0,9 Meter) berechnet sich hiernach aus

$$\text{tg } s_1 = \frac{0{,}9}{100}\,;\ \text{tg } s_2 = \frac{0{,}9}{200}$$

u. s. w. zu den folgenden Beträgen:

100 Meter	30,93 Min.		700 Meter	4.42	
200 „	15,46 „		800 „	3,87	
300 „	10,31 „		900 „	3,44	
400 „	7,73 „		1000 „	3,09	
500 „	6,18 „		1100 „	2,81	
600 „	5,16 „		1200 „	2,58	

Den Neigungswinkel t_x der Bahn im Puncte B bildet die Horizontale BJ mit der Tangente BG. Nach der Figur 18 ist der Einfallwinkel GBA = HEA = φ_x und

$$t_x + s_x = \varphi_x$$

daher

$$t_x = \varphi_x - s_x \qquad 12.$$

also: der Neigungswinkel einer Bahn in dem der Distanz x entsprechenden Punct B ist gleich der Differenz des Einfallwinkels und des zur Ordinate y des Punctes jener Distanz gehörigen Schwenkungswinkels.

Für den Punct B auf 800 Meter der Bahn von 900 Meter, berechnet sich für das Werdergeschoss M/69 der Neigungswinkel

---

$$(n - 1) : 1 = (s - s_x) : s_x\,,$$

so dass endlich

$$s_x = \frac{s}{n} \qquad 11a.$$

d. h. der Schwenkungswinkel s_x für die Distanz $x = n \cdot 100$ ist gleich dem n^{ten} Theil des Schwenkungswinkels der Distazn 100. Die Kenntniss des Schwenkungswinkels der Distanz 100 reicht somit zur Bestimmung des jeweilig Gesuchten ohne Logarithmen aus.

$$t_8 = \varphi_8 - s_8$$

oder da nach obigem Ausdruck

$$\text{tg } s_x = \frac{y_x}{x}$$

ist, hier also

$$\text{tg } s_8 = \frac{y_8}{800}$$

oder da

$$y_8 = 6{,}027 \text{ M ist,}$$

$$\text{tg } s_8 = \frac{6{,}027}{800}$$

so folgt nunmehr

$$t_8 = \varphi_8 - \text{num. lg. tg.} \frac{y}{x}$$

$$= \varphi_8 - \text{num. lg. tg.} \frac{6{,}027}{800}$$

$$= 199{,}0 - 25{,}907.$$

$$= 173{,}093 \text{ Minuten.}$$

Dieser Neigungswinkel berechnet sich mit Benutzung der Formel 11 einfacher aus

$$t_8 = \varphi_8 - (\alpha_9 - \alpha_8).$$

Es kann daher allgemein gesetzt werden zur Berechnung der Neigungswinkel für die Bahnpuncte auf Zwischendistanzhunderten:

$$t_x = \varphi_x - (\alpha_{x+1} - \alpha_x) \text{ Minuten.} \qquad 13.$$

Für taktisch-ballistische Zwecke, insbesondere für die Berechnung der Trefferprocente gegen taktische Körper, ist die Kenntniss des Neigungswinkels der Bahnen wichtig in ihren Schneidepuncten mit der Parallelen auf Manns- oder Reiterhöhe, also für die Ordinate 0,9 Meter bei der Mannshöhe von 1,8 Meter und von 1,6 Meter für den Rest der Reiterhöhe von 2,5 Meter vor dem Ziel bei der Anschlag- und Zielpunctthöhe auf 0,9 Meter.

Werden die Neigungswinkel φ — s der Bahnen im Schneidungspunct mit der Horizontalen auf Mannshöhe, also für die

Schwenkungshöhe = 0,9 M. für die aufeinanderfolgenden Distanzhunderte mit Hülfe der Formel 13 berechnet und graphisch dargestellt, so können auch ohne Weiteres die Neigungswinkel von Zwischendistanzen oder umgekehrt die, gegebenen Neigungswinkeln entsprechenden Distanzen abgelesen werden. —

Für den Culminationspunct der Bahn ABC wird der Neigungswinkel t = o. Der aufsteigende Ast AB der Bahn ABC für n . 100 Meter ist daher nach den vorstehenden Erwägungen die zur Schussweite AB = AD = x gehörige Bahn, daher nach den Bezeichnungen der Figur 20

$$\alpha_n = \alpha_x + \varphi_x \qquad 14.$$

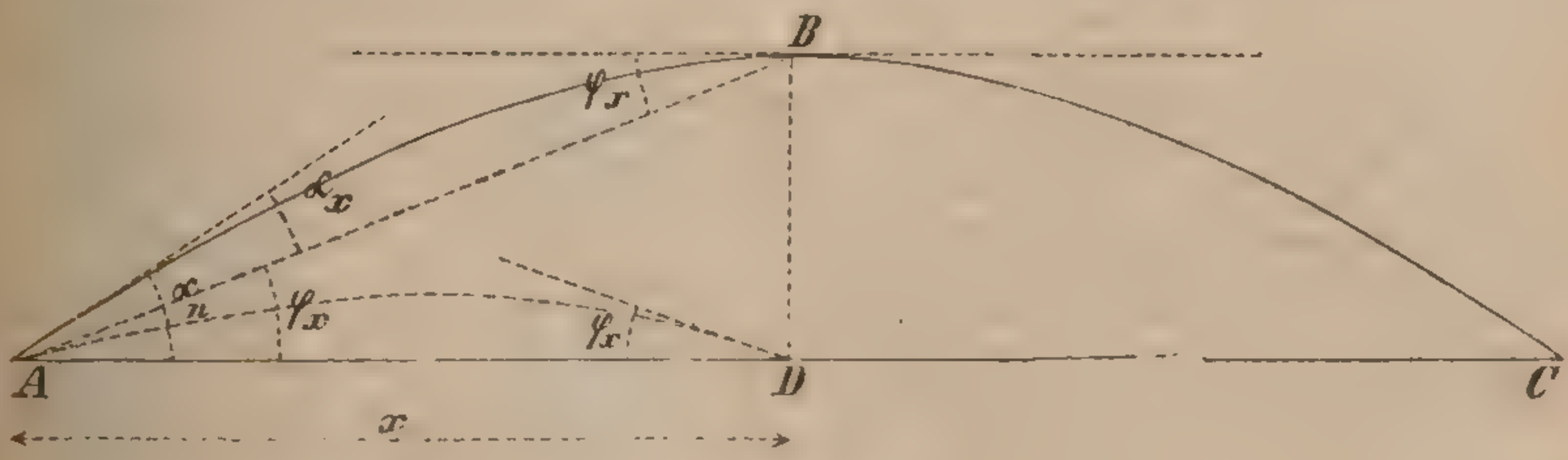


Fig. 20.

d. h. die Abscisse des Culminationspunctes einer Bahn ist gleich der Schussweite derjenigen Distanz x, für welche die Summe der ihr zugehörigen Abgangs- und Einfallwinkel gleich dem Abgangswinkel der in Rede stehenden Bahn der Distanz n . 100 ist.

Werden diese Summen der Abgangs- und Einfallwinkel gleichzeitig mit den Abgangswinkeln selbst in zwei Curven Figur 21 graphisch dargestellt, so findet man die Abscisse des Scheitels der Distanz ab, wenn durch den Endpunct c der Ordinate bc der Curve der Abgangswinkel, welche dessen Grösse in Längeneinheiten für die fragliche Distanz repräsentirt, eine Horizontale bis zur Curve $\alpha + \varphi$ gelegt wird. Die dem Schneidepunct d zugehörige Abscisse ae ist diejenige des Culminationspunctes, da die Ordinate ed = bc d. h. der der Schussweite ab entsprechende Abgangswinkel gleich der der Distanz ae entsprechenden Summe ihrer Abgangs- und Einfallwinkel nach Formel 14 ist.

Die Summe der Abgangs- und Einfallwinkel für das Zündnadelgewehr M/41 mit altem Langblei sind für:

75	Meter	= 32,13	Minuten.	525	Meter	= 257,60	Minuten.
150	„	= 65,71	„	600	„	= 300,31	„
225	„	= 101,10	„	675	„	= 344,84	„
300	„	= 137,86	„	750	„	= 390,91	„
375	„	= 176,23	„	825	„	= 438,55	„
450	„	= 216,09	„	900	„	= 487,76	„

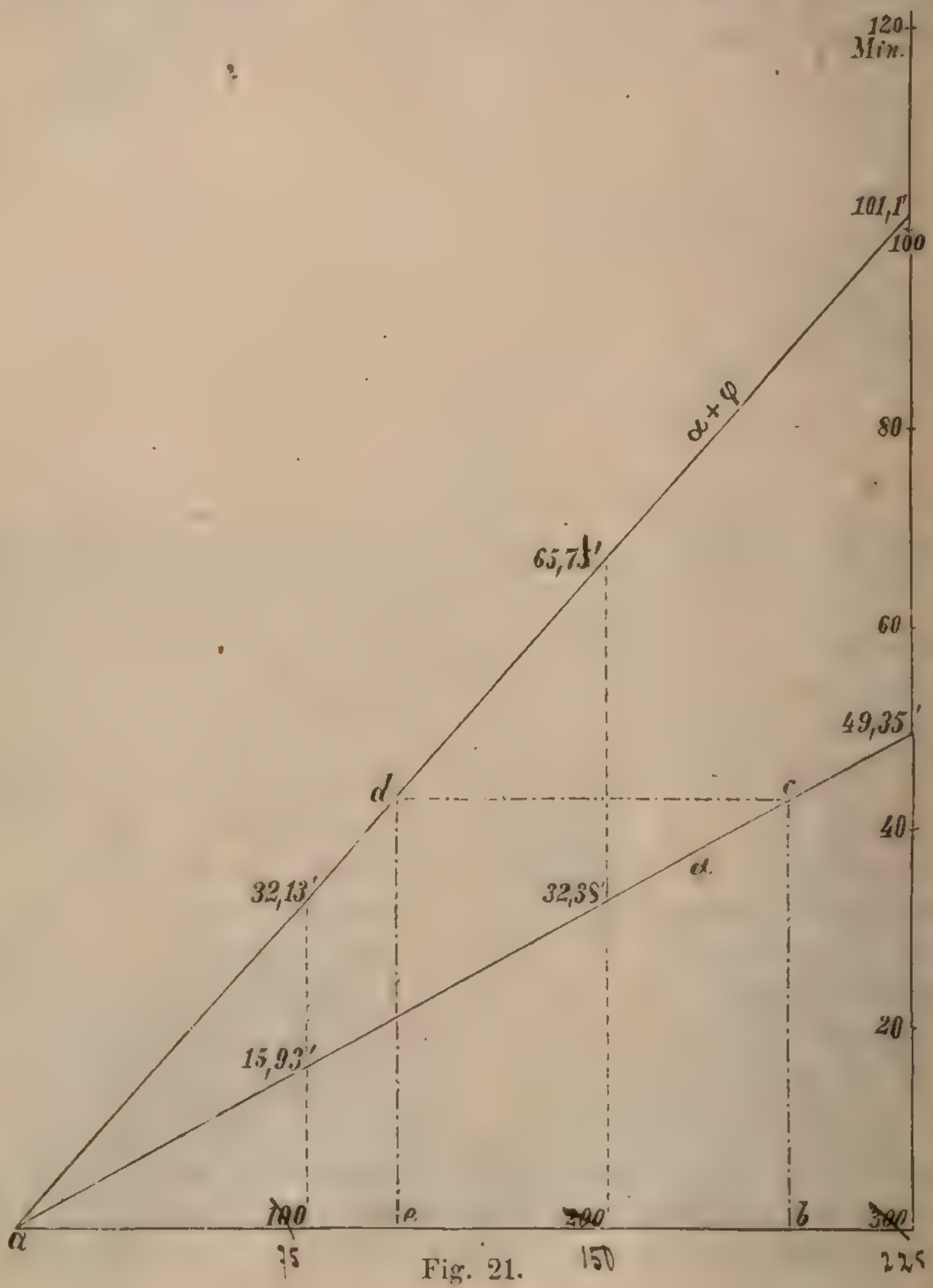


Fig. 21.

Die Abgangswinkel sind für

75	Meter	=	15,93 Minuten.	525	Meter	=	122,45 Minuten.
150	„	=	32,38 „	600	„	=	142,05 „
225	„	=	49,35 „	675	„	=	162,18 „
300	„	=	66,85 „	750	„	=	182,85 „
375	„	=	84,85 „	825	„	=	204,05 „
450	„	=	103,38 „	900	„	=	225,80 „

Werden jene Winkelsummen und die Abgangswinkel graphisch dargestellt und wie oben angegeben die Abscissen der Culminationspuncte der Bahnen des Zündnadelgewehrs ermittelt, so erhält man auf:

75	Meter	=	38,00	gegenüber	37,62	M.
150	„	=	76,50	„	75,70	„
225	„	=	114,25	„	113,79	„
300	„	=	153,25	„	152,30	„
375	„	=	192,00	„	190,99	„
450	„	=	229,50	„	229,80	„
525	„	=	269,0	„	268,90	„
600	„	=	309,0	„	308,26	„
675	„	=	348,0	„	347,61	„
750	„	=	386,3	„	387,22	„
825	„	=	427,5	„	427,09	„
900	„	=	466,0	„	465,50	„

welche aus der Bahngleichung nach dem Prehn'schen Verfahren (s. u.) berechnet wurden.

Bei genügend grossem Massstabe für die Distanzen gibt die graphische Darstellung genau an die Rechnung anschliessende Resultate, so dass dies Verfahren, insbesondere in Berücksichtigung des Werthes der Kenntniss dieser Flugbahngrösse, (s. S. 50) für die Praxis zu empfehlen ist. —

Durch ähnliche Erwägungen können die bestrichenen Räume vor und hinter dem Ziel, sowie auch das Maximum des bestrichenen Raums bestimmt werden.

Nach den Bezeichnungen der Figur 22, in welcher A die Mündung der Waffe, Z der Zielpunct, AZ die Schussweite, B den Geschossaufschlagpunct bedeutet, ist:

$$a_x = a_{x_1} + s_{x_1} \qquad 15.$$

d. h. die Abscisse der Ordinate gleich halber Mannshöhe einer Bahn **diesseits** des Zielpunctes Z, oder der **un**bestrichene Raum der Bahn vor dem Schützen ist gleich der Schussweite derjenigen Distanz $x_{,}$, für welche der ihr zugehörige, um den Schwenkungswinkel $s_{x,}$, vergrösserte Abgangswinkel gleich dem Abgangswinkel der in Rede stehenden Bahn der Distanz x ist,

oder mit anderen Worten:

Der **bestrichene Raum einer Bahn vor dem Ziel** ist gleich der Differenz der Schussweite x dieser Bahn und derjenigen, kleineren Distanz $x_{,}$, für welche der ihr zugehörige, um den Schwenkungswinkel $s_{x,}$ (für die Schwenkungshöhe von halber Mannshöhe oder den Rest der Reiterhöhe) vergrösserte Abgangswinkel $\alpha_{x,}$ gleich dem Abgangswinkel der in Rede stehenden Bahn der Distanz x ist.

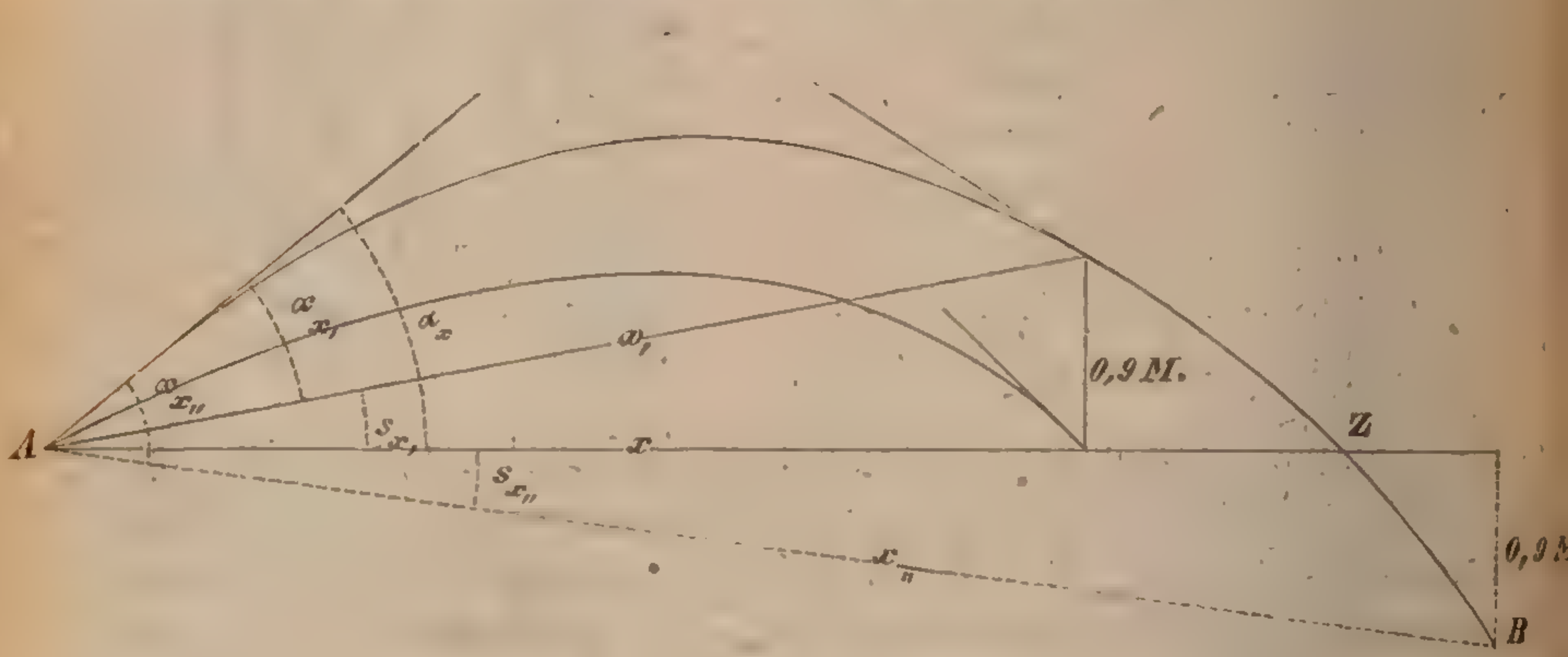


Fig. 22.

Aus Figur 22 folgt ferner:

$$\alpha_x = \alpha_{x,,} - s_{x,,} \qquad 16.$$

d. h. die Abscisse der Ordinate gleich halber Mannshöhe einer Bahn **jenseits** des Zielpunctes Z oder die **Totalschussweite** einer Bahn ist gleich der Schussweite derjenigen Distanz $x_{,,}$ für welche die

Differenz des ihr zugehörigen Abgangswinkels $\alpha_{x_{''}}$ und des Schwenkungswinkels $s_{x_{''}}$ gleich dem Abgangswinkel der in Betracht gezogenen Bahn der Distanz x ist;
oder mit anderen Worten:

Der bestrichene Raum einer Bahn hinter dem Ziel ist gleich der Differenz der Schussweite x der fraglichen Bahn und derjenigen der grösseren Distanz $x_{''}$, für welche der ihr zugehörige um den Schwenkungswinkel $s_{x_{''}}$ (für die Schwenkungstiefe von halber Mannshöhe) verminderte Abgangswinkel $\alpha_{x_{''}}$ gleich dem Abgangswinkel der Distanz x ist.

Aus den beiden vorstehenden Resultaten folgt, dass bei der Zielhöhe gleich halber Objectshöhe mit annähernder Richtigkeit der bestrichene Raum hinter dem Ziel für jede Entfernung gleich demjenigen vor dem Ziel auf der folgenden grösseren Distanz gesetzt werden kann. Wie die unten für das Zündnadelgewehr M/41 mitgetheilten Resultate des mathematischen und graphischen Verfahrens zeigen, ist die Differenz der präcisen Berechnung und dieser Annahme für manche praktische Zwecke, besonders auf den grösseren Distanzen, ohne Bedeutung. (Vergl. v. Pl. N. St. I, S. 141.)

Bei graphischer Darstellung bildet die Winkelsumme eine steil gegen die Abscissenachse abfallende convexe Curve, welche von ihrem tiefsten Puncte wieder steigt, und sich mehr und mehr der Curve der Abgangswinkel nähert. Die Curve der Winkeldifferenzen bildet eine steil gegen die Abscissenachse ansteigende convexe Curve, welche dieselbe bald schneidet und mit wachsenden Distanzen sich ebenfalls immer mehr der Curve der Abgangswinkel nähert.

Um die Curven in ihren Anfängen, insbesondere bei der ersteren den Wendepunct hinlänglich genau festzustellen, ist es erforderlich die Abgangswinkel von 25 zu 25 Meter bis zu etwa 250 Meter nach dem vorn angegebenen Verfahren zu interpoliren und für diese Distanzen dann die Winkel-Summen und Differenzen zu bilden.

Werden die Winkel α ; $\alpha + \varphi$; $\alpha +$ s (für Infanterie und Reiter die Schwenkungshöhe von 0,9 resp. 1,6 M. über der Visir-

linie) und α — s (für die Schwenkungstiefe von 0,9 M.) einer Waffe für die aufeinander folgenden Distanzhunderten in fünf übereinanderliegenden Curven graphisch dargestellt, so bestimmen sich nach den obigen Erwägungen das Maximum des bestrichenen Raums, sowie die bestrichenen Räume vor und hinter dem Ziel wie folgt.

Für die Schussweite a b (Figur 23) repräsentirt die Ordinate b c den in Längeneinheiten dargestellten A b g a n g s w i n k e l. Eine Horizontale durch ihren Endpunct c schneidet die beiden Curven α + s und die α — s in d und t resp. e, so dass die Längen c d und c t resp. c e den absoluten Grössen der b e s t r i c h e n e n R ä u m e gegen den I n f a n t e r i s t e n und R e i t e r vor resp. für b e i d e hinter dem Ziel in dem Abscissenmassstab entsprechen, da die senkrechten Abstände jener Puncte d, t und e von der Abscissenachse, der Ordinate b c gleich sind, d. h. die Summen resp. Differenzen der Abgangs- und Schwenkungswinkel der Distanzen a'd, a't und a'e sind nach Formel 15 und 16 gleich dem der in Rede stehenden Distanz a b = a'c zugehörigen Abgangswinkel. Die Grössen a' b' und a' c' bestimmen die Beträge der b e s t r i c h e n e n R ä u m e v o r d e m S c h ü t z e n. Die Abscisse a'c gibt die T o t a l s c h u s s w e i t e der betrachteten Bahn an. Die Abscisse a g des Schnittpunctes f der Horizontalen mit der Curve $\alpha + \varphi$ stellt nach dem weiter oben dargelegten die S c h e i t e l d i s t a n z der Schussweite a b dar. Die Abscissen a m und a v der Schnittpuncte h und u der Curve $\alpha + \varphi$ mit den beiden α + s repräsentirt demnach die S c h e i t e l d i s t a n z d e s M a x i m u m s d e r b e s t r i c h e n e n R ä u m e gegen den Infanteristen und Reiter, deren zugehörige S c h u s s w e i t e n durch die Abscissen a l und a w der Schnittpuncte i und k je einer Horizontalen aus den Scheitel-Schnittpuncten h und u mit der Curve der Abgangswinkel gegeben ist.

Nach dem Obigen sind h i und i k resp. u x und x y vom Scheitel aus die Grössen d e r b e s t r i c h e n e n R ä u m e v o r resp. h i n t e r d e m Z i e l für I n f a n t e r i e und R e i t e r und l i resp. w x die A b g a n g s w i n k e l d e s M a x i m u m s d e r b e s t r i c h e n e n R ä u m e. Für die Distanzen diesseits des Maximums des bestrichenen Raums z. B. für a r gibt die Ordinate o r

den zugehörigen Abgangswinkel, on den bestrichenen Raum hinter dem Ziel, aq die Scheiteldistanz an.

Die Abscisse as des Schnittpunctes der Curve α — s mit der Abscissenachse stellt die Schussdistanz bei horizontalem Anschlage dar.

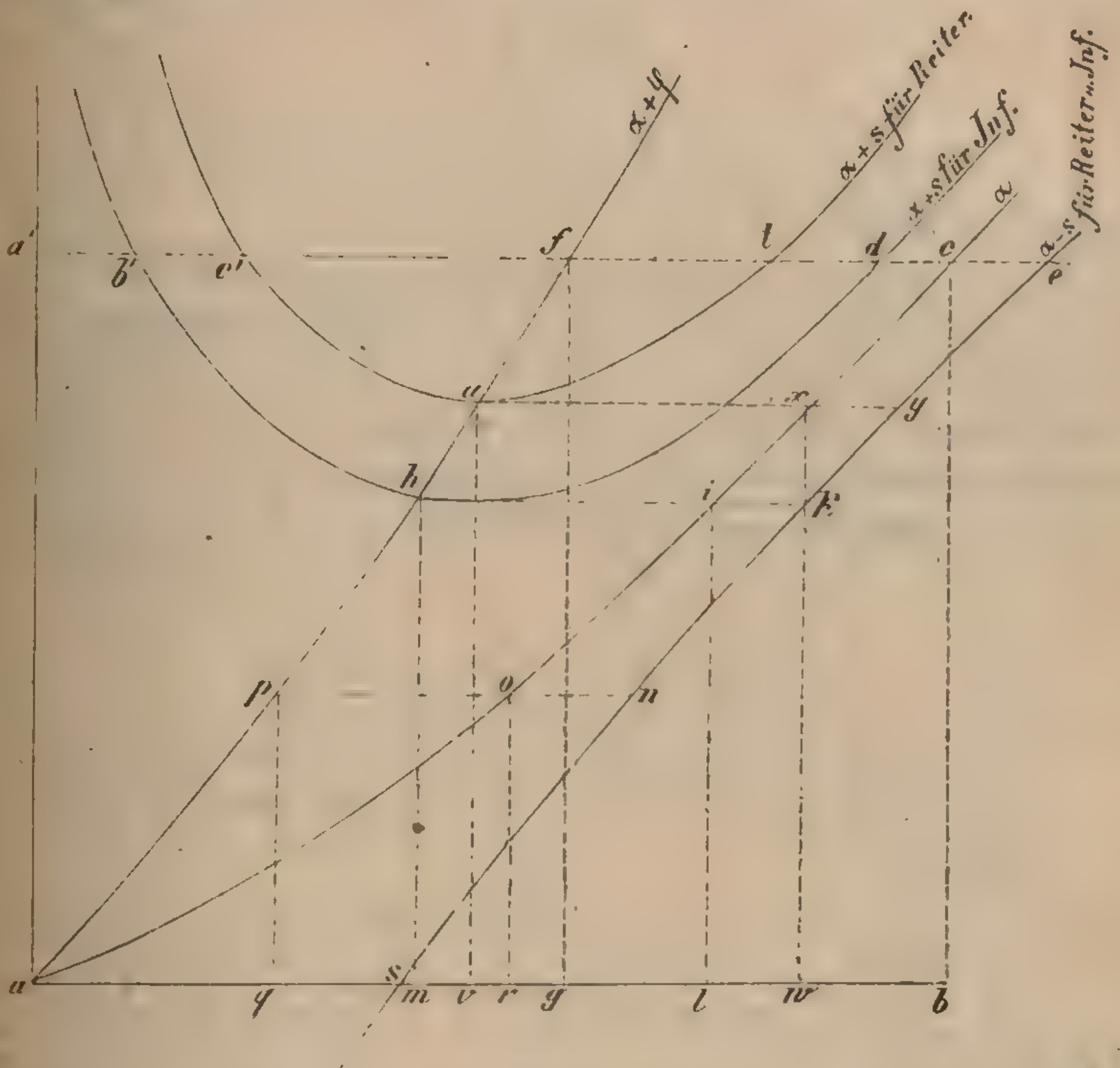


Fig. 23.

Je grösser der Abscissenmassstab gewählt wird, desto genauer schliessen sich die Resultate des graphischen Verfahrens an die der Rechnung an. Es empfiehlt sich daher für die Praxis, die Curven immer nur stückweise, etwa für je drei, höchstens vier Distanzen darzustellen, um auf den Gitterbogen recht grosse Massstäbe gewinnen zu können. —

Die vorstehenden Erwägungen zur Herleitung des graphischen Verfahrens haben zu denselben Resultaten geführt, wie

sie Herr Oberst Siegfried bereits schon 1870 in dem „Handbuch für Schweizerische Artillerie-Offiziere XII. Capitel: Schiesstheorie II. Theil: Schiessen mit Geschützen. Aarau, Sauerländer 1870". S. 26 etc. in den graphisch dargestellten Ausdrücken:

$$h_x$$

$$h_{x_1} + \frac{b}{x_1}$$

$$h_{x_2} - \frac{a}{x_{11}}$$

angegeben hat.

h_x etc. bedeutet den Aufsatz für die Distanz x etc., ausgedrückt in Mm. auf 1 M. Distanz; a die Höhe des Zielpuncts über dem Boden; b die Zielhöhe über der horizontalen Visirlinie; x die Distanz des Ziels; x_1 die Distanz, auf welcher der bestrichene Raum beginnt und x_{11} diejenige, auf welcher er endigt.

Es ist nämlich nach Siegfried Handbuch S. 13 (Fig. 24).

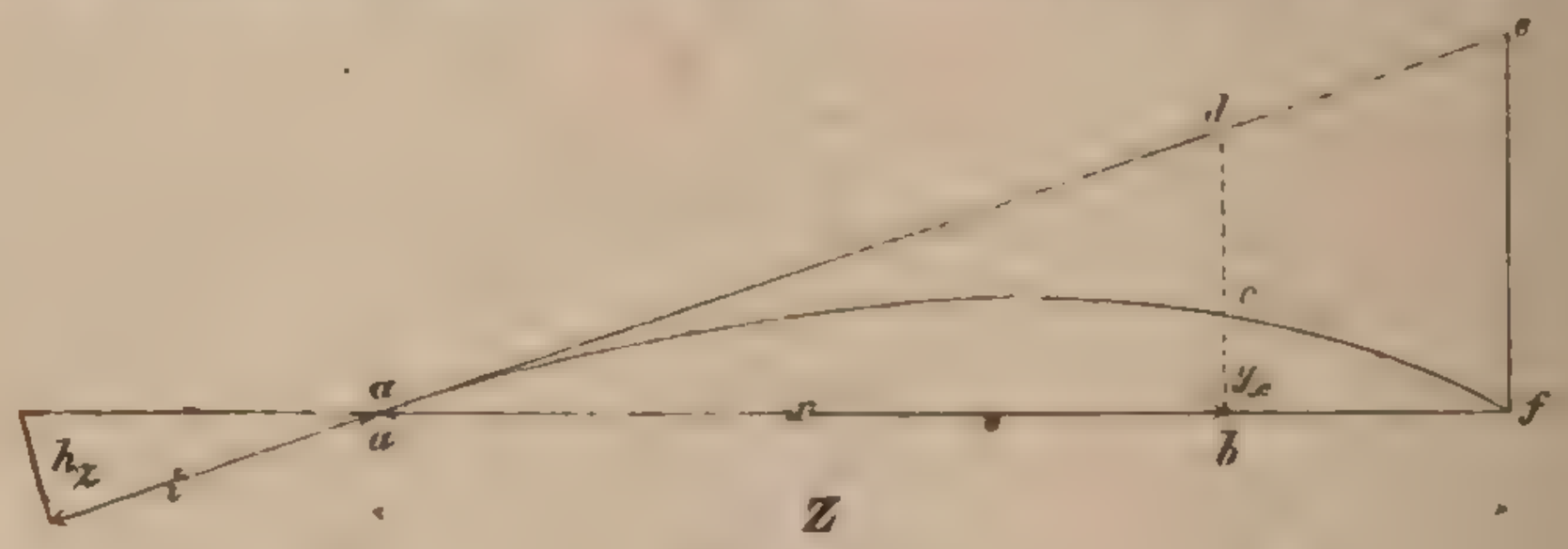


Fig. 24.

$$d\,b : a\,b = h_z : 1$$

da nun

$$a\,b = x,$$

so ist

$$d\,b = x \,.\, h_z\,.$$

Da $a\,c = a\,b = x$, so ist für den Aufsatz h_x der Distanz x

$$d\,c = x \,.\, h_x$$

daher

$$b\,c = d\,b - d\,c$$

oder

$$y_x = x\ (h_z - h_x).$$

Ist x grösser als z d. h. für einen Punct hinter dem Ziel, so wird y negativ, indem dann h_z kleiner als h_x ist.

Mit den obigen Bezeichnungen ist daher nach Fig. 25 analog

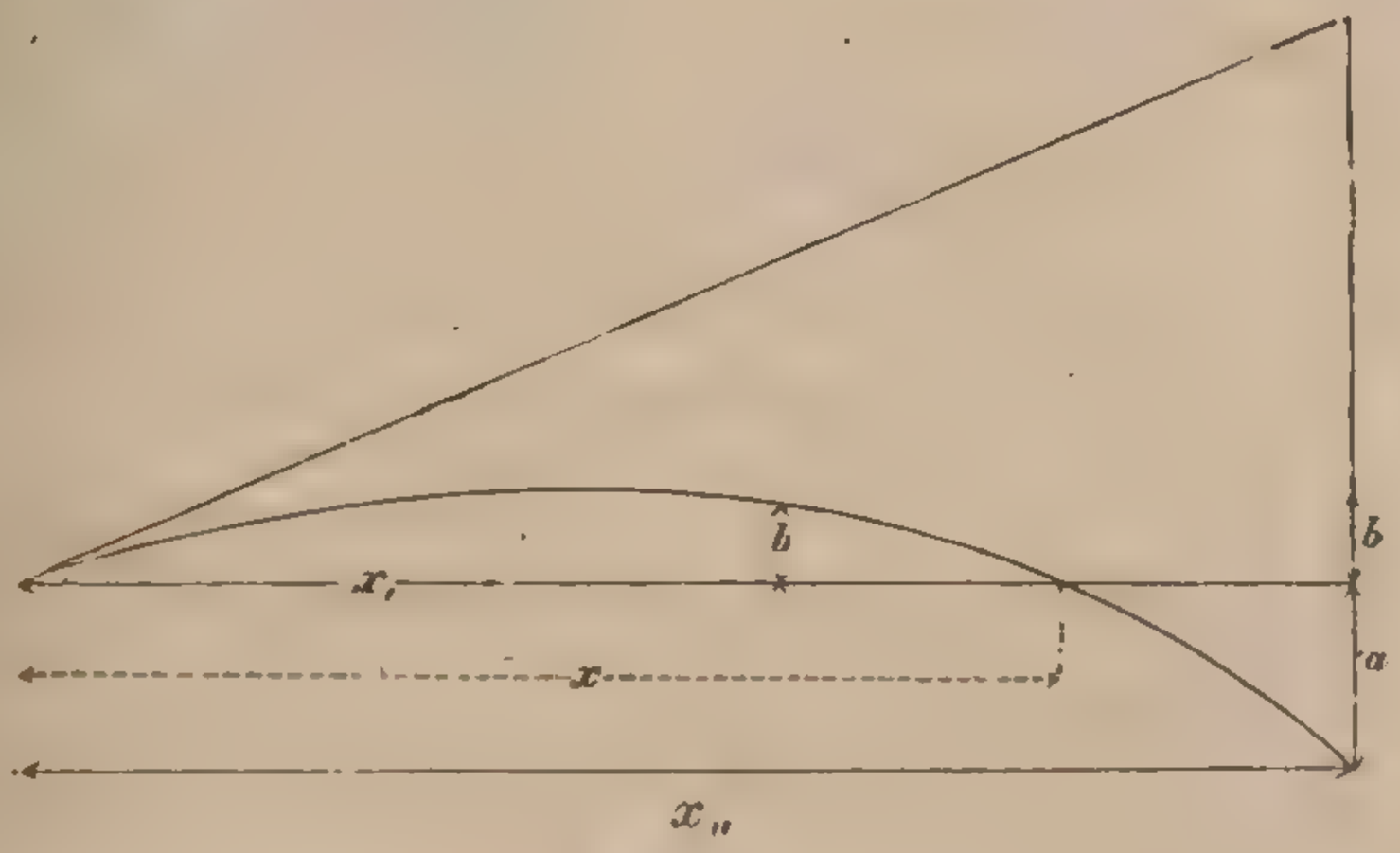


Fig. 25.

$$y_{x,} = x, h_x - x, h_{x,} = b$$

für den Anfang, und

$$y_{x_n} = x_{,,} h_{x_n} - x_{,,} h_x = a,$$

oder

$$y_{x_n} = x_{,,} h_x - x_{,,} h_{x_n} = -a$$

für das Ende des bestrichenen Raums. Es folgt hieraus

$$h_x = h_{x,} + \frac{b}{x,}$$

$$h_x = h_{x_n} - \frac{a}{x_{,,}}$$

Die Ausdrücke $h_{x,}$ und h_{x_n} repräsentiren die Abgangswinkel und diejenigen $\frac{b}{x,}$ und $\frac{a}{x_{,,}}$ die Schwenkungswinkel in den oben dargelegten Winkel-Summen und Differenzen $\alpha + s$ und $\alpha - s$, welche sich auch unmittelbar ergeben, wenn in Formel 8 und 9

$$y_x = x \sin (\alpha_n - \alpha_x).$$

und

$$S = (x + 100) \operatorname{tg} (\alpha_{x+100} - \alpha_x)$$

die Sinus und die Tangenten durch die Winkel selbst ersetzt und die obigen Bezeichnungen eingeführt werden.

Es ist dann:

$$y_{x_1} = x_1 \, (\alpha_x - \alpha_{x_1}) = b \text{ und } (1)$$

$$S_{x_n} = x_n \, (\alpha_{x_n} - \alpha_x) = a \quad (2)$$

daher aus (1)

$$\alpha_x = \alpha_{x_1} + \frac{b}{x_1}$$

und aus (2)

$$\alpha_x = \alpha_{x_n} - \frac{a}{x_n}$$

oder wie oben in Formel 15 und 16:

$$\alpha_x = \alpha_{x_1} + s_{x_1}$$

und

$$\alpha_x = \alpha_{x_1} - s_{x_n}.$$

Für das Zündnadelgewehr M/41 mit altem Langblei ist

Meter	Minuten					
x	α	φ	s	$\alpha + s$	$\alpha - s$	$\alpha + \varphi$
18,75	3,935	3,9564	1648,8	168,82	— 160,49	7,89
37,50	7,9024	7,9751	82,44	90,34	— 74,54	15,88
56,25	11,90	12,0563	54,96	66,86	— 43,06	23,96
75,00	15,93	16,2	41,24	57,17	— 25,31	32,12
93,75	19,99	20,4062	32,97	52,96	— 12,98	40,40
112,50	24,08	24,6749	27,48	51,56	— 3,40	48,75
131,25	28,20	29,0061	23,55	51,75	+ 4,65	57,20
150,00	32,36	33,3998	20,62	52,98	+ 11,74	65,75
225	49,35	51,75	13,75	63,10	+ 35,60	101,10
300	66,85	71,01	10,31	77,16	+ 56,54	137,86
375	84,85	91,38	8,25	93,10	+ 76,60	176,23
450	103,38	112,71	6,87	110,25	+ 96,51	216,09
525	122,45	135,15	5,89	128,34	+ 116,56	257,60
600	142,05	158,26	5,17	147,22	+ 136,88	300,31

Aus der graphischen Darstellung dieser Winkelreihen ergeben sich nach dem angedeuteten Verfahren die bestrichenen Räume gegenüber den Ergebnissen der Formeln 27 und 28 (S. Abschnitt „V. Anhang“), da Formel 10 nur für Annäherungswerthe brauchbar:

Für den Infanteristen von 1,8 M. zu:

Distanz in Meter.	Graphisches Verfahren: Bestrichener Raum in Meter: vor dem Ziel	Graphisches Verfahren: Bestrichener Raum in Meter: hinter dem Ziel	Rechnung: Bestrichener Raum in Meter: vor dem Ziel	Rechnung: Bestrichener Raum in Meter: hinter dem Ziel
300 M.	52,5 M.	37,5 M.	52,88 M.	38,59 M.
375 „	37,5 „	31,0 „	37,62 „	31,26 „
450 „	28,5 „	25,5 „	28,35 „	25,95 „
525 „	24,0 „	21,0 „	23,98 „	21,96 „
600 „	21,0 „	18,0 „	20,21 „	18,94 „
675 „	18,0 „	15,5 „	18,14 „	15,81 „
750 „	15,0 „	14,5 „	15,15 „	14,70 „
825 „	13,0 „	12,5 „	13,39 „	12,97 „
900 „	12,0 „	11,5 „	11,95 „	11,64 „

Die Schussweite des Maximums des bestrichenen Raumes gegen den Infanteristen von 1,8 Meter ist 234,6 Meter mit dem Culminationspunct auf 118,2 Meter und einem bestrichenen Raume hinter dem Ziele von 46 Meter, also der Totalschussweite von 280,6 Meter. Der Abgangswinkel ist 52 Minuten, der Einfallwinkel 53,33 Minuten.

Mit Hülfe der bei der Prehn'schen Methode angegebenen mathematischen Herleitung der Flugbahngrössen des Maximums des bestrichenen Raums wurden für das Zündnadelgewehr M/41 mit altem Langblei gegen den Infanteristen von 1,7 Meter berechnet:

die Schussweite	228,05	Meter
der bestrichene Raum hinter dem Ziel	46,29	„
das Maximum	274,34	„
der Abgangswinkel	50,06	Min.

Die Vergleichung der vorstehenden Resultate des graphischen und mathematischen Verfahrens constatirt eine vollkommene Uebereinstimmung, so dass der erstere einfachere Weg für die Praxis ganz entschieden vorzuziehen ist, insbesondere wenn, wie erwähnt, die Darstellung in genügend grossem Massstabe ausgeführt wird. —

2. Zusammenstellung der Formeln des graphischen Verfahrens zur Ermittelung der Flugbahngrössen.

1) Die Schwenkungswinkel:

$$s_x = \alpha_{x_1} - \alpha_x \qquad 11.$$

$$s_x = \frac{s}{n} \qquad 11a.$$

2) Die Neigungswinkel der Bahn:

$$t_x = \varphi_x - s_x \qquad 12.$$

$$t_x = \varphi_x - (\alpha_{x+1} - \alpha_x) \qquad 13.$$

3) Die Scheitel-Abscissen.

$$\alpha_n = \alpha_x + \varphi_x \qquad 14.$$

4) Die bestrichenen Räume:

a. vor dem Ziel:

$$\alpha_x = \alpha_{x_1} + s_{x_1} \qquad 15.$$

b. hinter dem Ziel:

$$\alpha_x = \alpha_{x_n} - s_{x_n} \qquad 16.$$

c. Der Gang des vereinfachten Verfahrens.

Aus der vorstehenden mathematischen und graphischen Herleitung ergibt sich nunmehr der einzuschlagende Weg für

das vereinfachte Verfahren zur Ermittelung der Flugbahngrössen

auf Grund der gegebenen Visireintheilung und der bekannten Abmessungen einer Waffe.

1. Die Visirhöhen und Visirwinkel.

Das Rechnungsverfahren zur Bestimmung der reinen Aufsätze und der Visirwinkel ist in den folgenden Abschnitten II d. und III angegeben.

2. Die Geschoss-Abgangswinkel.

Auftragen der Visirwinkel in ein Coordinatennetz, Ziehen der Visirwinkelcurve und Ablesen der etwa nicht berechneten Visirwinkel einzelner Distanzen nach Anleitung von vorstehendem Abschnitt II, b.

Regelung der Visirwinkel in eine arithmetische Reihe zweiter Ordnung (Bestimmung von δ^{α}); Verlängerung der Reihe zum Nullpunct, damit Bestimmung des Depressions- oder Elevationswinkels, der von jedem Gliede der Winkelreihe subtrahirt oder zugefügt nach Abschnitt II, a 1. endlich die Geschoss-Abgangswinkel α erscheinen lässt.

3. Die Geschoss-Einfallwinkel.

Berechnung des Einfallwinkels φ für 100 Meter nach Formel 3_a, der zweiten Differenz der Einfallwinkelreihe δ^{φ} nach Formel 4, dann endlich mit diesen beiden Grössen Anschreiben der durch den Nullpunct gehenden Reihe der zweiten Ordnung. (Abschnitt II, a 2.)

4. Die Geschoss-Neigungswinkel.

Die Neigungswinkel der Bahnen an den Schneidepuncten derselben mit den Horizontalen auf Manns- oder Reiterhöhe werden nach Formel 12 berechnet. (s. Abschnitt II, b.)

5. Die Flugbahnordinaten.

Die Formel 8^b mit Anwendung der vereinfachten Berechnung der Sinus der Differenz-Winkel (S. 58) ergiebt die Flugbahnordinaten.

6. Die Ordinaten und Abscissen des Scheitels.

Die Scheitelordinaten sind nach Formel 6 zu berechnen, die Abscissen nach der van Isselt'schen Formel 6a.

Zur graphischen präciseren Bestimmung der Abscissen wird die Curve der Summen der Abgangs- und Einfallwinkel Formel 14 gebildet und nach Abschnitt II, b. S. 83 verfahren.

7. Die bestrichenen Räume.

Die Curven der Winkel-Summen und Differenzen der Abgangs- und Schwenkungswinkel Formel 15 und 16 werden zur Bestimmung der bestrichenen Räume vor und hinter dem Ziel gegen den Infanteristen und den Reiter gebildet und nach Abschnitt II, b. S. 88 verfahren. (Ausnahmsweise mit Formel 10.)

Mit Hülfe der beiden Curven nach Formel 15 und derjenigen nach Formel 16 werden die Flugbahngrössen des Maximums der bestrichenen Räume gegen den Infanteristen und den Reiter nach II, b. S. 89 bestimmt. —

Die Darstellung der so ermittelten sämmtlichen Flugbahngrössen in Curven controlirt die Richtigkeit der erhaltenen Resultate, indem Fehler sofort sich zu erkennen geben.

d. Die Anwendung des vereinfachten Verfahrens zur Ermittelung der Flugbahngrössen des deutschen Gewehrs M/71.*

Die Ermittelung der Flugbahngrössen nach dem vereinfachten Verfahren aus den durch die praktische Beschiessung erhaltenen Visirhöhen soll zusammenhängend als Beispiel mit den Ergebnissen der Beschiessung des deutschen Infanterie-Gewehrs M/71 dargelegt werden.

* Siehe hierzu die angehängten graphischen Darstellungen der Flugbahngrössen des Gewehrs M/71.

1. Die Abgangswinkel.

Die zur Berechnung der Abgangswinkel erforderlichen Abmessungen des Laufs etc. wurden direct an einer Waffe vorgenommen.*

* Ein äusserst zweckmässiges Mess-Instrument ist eine Schubleere nach der Construction des mechanischen Instituts von J. Kern in Aarau, welche von Argantan zum Preise von 22,5 frcs. (Nr. 160 des Preiscourantes) geliefert wird.

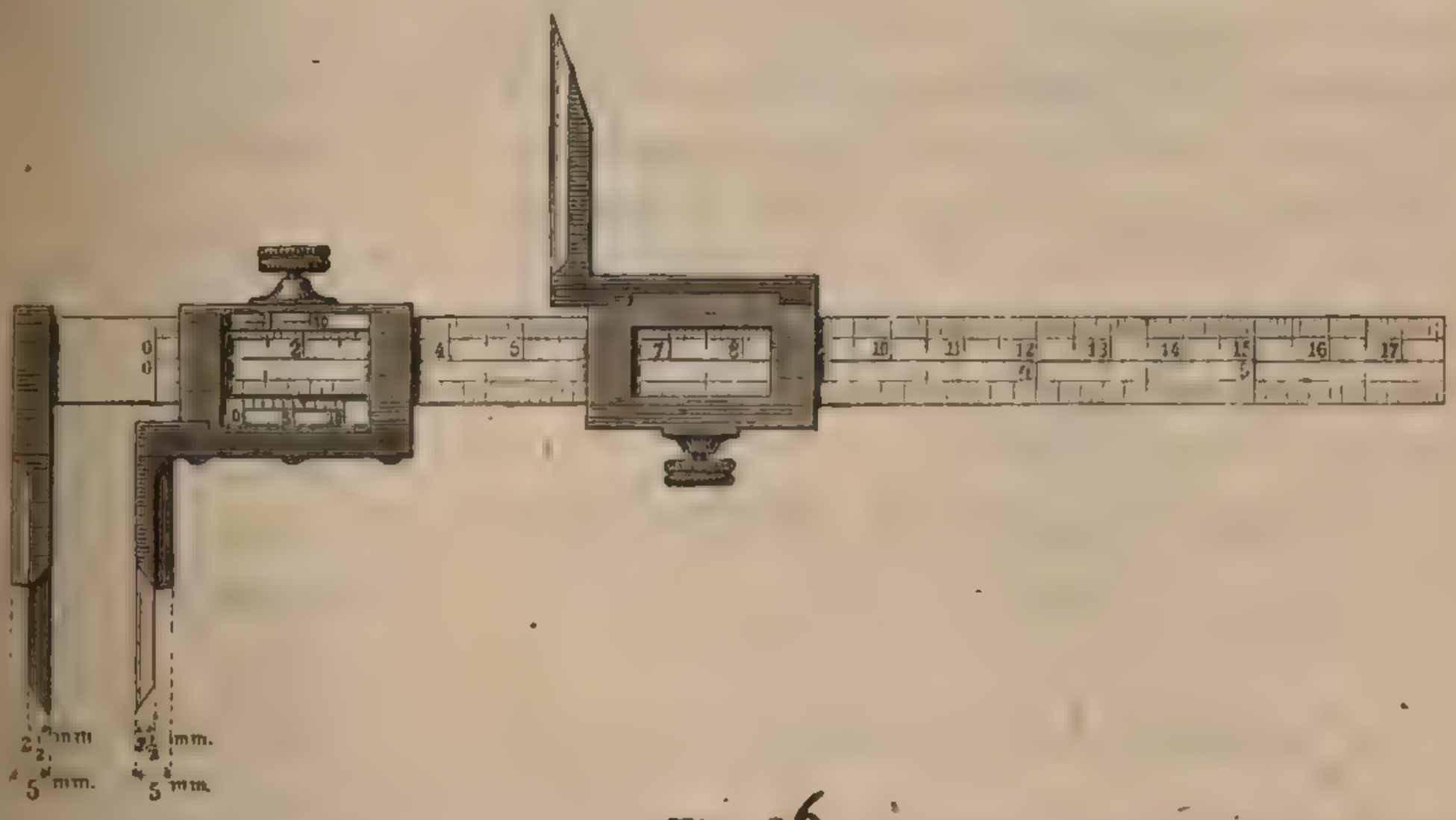


Fig. 26.

Die beiden Füsse der Schubleere sind so eingerichtet, dass mit denselben das Kaliber von Bohrungen über 10 mm. gemessen werden kann.

Zum Abgreifen von Höhenmassen über einer Fläche, z B. die Höhe der Distanzstriche über der Lauffläche, dem Visirstuhle, dem Achtkant oder der Visirfläche, wird der bewegliche Fuss der Schubleere mit dem Nonius so auf den Maassstab aufgeschoben, dass dessen Fuss nach der entgegengesetzten Seite desjenigen des Massstabs gerichtet ist, während in der normalen Lage, zum Messen von Stärke-Dimensionen, beide Füsse nach gleichen Seiten stehen. (S. Fig. 26.)

In ersterem Falle wird der feste Fuss z. B. auf das Achtkant aufgesetzt, der bewegliche soweit in die Höhe geschoben, bis dessen Spitze die Höhe des fraglichen Distanzstrichs erreicht hat, welche auf dem Massstab mit Nonius abzulesen ist.

Längendimensionen z. B. die Länge der Visirlinie etc. werden für die Fälle der Praxis ausreichend genau durch einen Bandmassstab mit aufgerolltem Band von Stahl ermittelt.

Der Durchmesser des Achtkants in der Verticalebene durch die Seelenachse gemessen ist gleich 26,2 mm., so dass der Höhe der Visirkimme der einzelnen Klappen und des Schiebers in den verschiedenen Visirstellungen über der oberen Fläche des Achtkants 13,1 mm. zuzufügen ist, um die Höhe der Visirkimmen über der Seelenachse zu erhalten.

Die Spitze des Korns ist von der unteren Lauffläche 25,2 mm. entfernt; der Lauf hat daselbst einen äusseren Durchmesser = 17.6 mm., so dass hiernach die Höhe der Kornspitze über der Seelenachse = 25.2 — 8.8 = 16,4 mm. ist.

Die Differenz der Höhen der Visirkimme und der Kornspitze über der Seelenachse geben die reinen Visirhöhen oder Aufsätze. (In dem Visirdreieck die kleine Kathede h.)

Es betragen die Länge l der Visirlinie

des Standvisirs	= 716 mm.
der kleinen Klappe	= 719 mm.
der grossen Klappe für alle Distanzen	
von 450 bis 500 M	= 710 mm.

Der nachstehenden Tabelle* dieser Abmessungen und Berechnungen ist auch zugleich der aus der Gleichung $\text{tg } \alpha = \frac{h}{l}$ bestimmte Visirwinkel beigefügt.

---

* Das Leiter-Schieber-Visir M/71 ist mit einer Visirhöhenmarke für 1150 Meter nicht versehen.

Die Längen der Visirlinien dürften nicht auf den mm. genau sein, da ein genügend feines und passendes Messinstrument nicht zu Gebote stand.

Entfernung Meter	Höhe in mm. der Visirkimme über dem Achtkant	über der Seelenachse	des Korns über der Seelenachse	Aufsatz h	Visirlinie l	Visirwinkel
				mm		
Standvisir	9,7	9,7+13,1 = 22,8		6,4	716	0°30′44″
Kl.Klappe	12,5	25,6		9,2	719	0 43 59
Gr.Klappe	13,9	27,0		10,6		0° 51 19
450 M.	16,1	29,4		12,8		1 0 59
500	18,3	31,4		15,0		1 12 38
550	20,3	33,4		17,0		1 22 18
600	22,6	35,7		19,3		1 33 28
650	25,0	38,1		21,7		1 45 2
700	27,6	40,7		24,3		1 57 37
750	30,0	43,1		26,7		2 9 13
800	32,0	45,1		29,5		2 22 45
850	35,4	48,5	16,7	32,1		2 35 19
900	38,6	51,7		35,3		2 50 47
950	41,5	54,6	16,4	38,2	711	3 4 47
1000	45,0	58,1		41,7		3 21 41
1050	47,8	60,9		44,5	710	3 35 11
1100	51,4	64,5		48,1		3 52 32
1150	.	.		.		.
1200	58,5	71,6		55,2		4 26 44
1250	62,3	75,4		59,0		4 45 1
1300	66,4	79,5		63,1		5 4 43
1350	70,4	83,5		67,1		5 23 56
1400	74,6	87,7		71,3		5 44 4
1450	78,8	91,9		75,5		6 4 11
1500	83,3	96,4		80,0		6 25 43
1550	87,7	100,8		84,4		6 46 45
1600	92,2	105,3		88,9		7 8 13

Die Visirwinkel für Meterhunderte liefern die nachstehende Reihe:

0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	Meter.
					72,63	93,47	117,62	142,75	170,78	201,68	232,53	266,73	304,72	344,07	385,72	428,22	Min.
						20,84	24,15	25,13	28,03	30,90	30,85	34.20	37,99	39,35	41,65	42,5	
						3,31	0,98	2,90	2,87	0,05	3,35	3,79	1,36	2,30	0,85		

Werden diese Winkel in eine arithmetische Reihe der zweiten Ordnung zwanglos geregelt und zum Nullpunct verlängert, so erhält man

3,415	12,590	21,099	37,912	54,119	72,630	93,475	116,654	142,167	170,014	200,195	232,710	267,559	304,742	344,259	386,110	430,295	Minuten.
	9,175	11,509	13,843	16,177	18,511	20,845	23,179	25,513	27,847	30,181	32,515	34,849	37,183	39,517	41,851	44,185	
		2,334	2,334										2,334	2,334			

Gegenüber der obigen Reihe sind die positiven und negativen Abweichungen = + 3.690 und — 3,800, also im Ganzen = — 0,11 Minuten. Die Reihen nunmehr durch den Nullpunct selbst geführt, also den Betrag der Distanz Null oder den Depressionswinkel = 3,415 Minuten in Abzug gebracht, ergibt sich endlich die Reihe

0	9,175	20,684	34,527	50,704	69,215	90,060	113,239	138,752	166,599	196,780	229,295	264,144	301,327	340,844	382,695	426,880	Minuten.
	9,175	11,509	13,843	16,177	18,511	20,845	23,179	25,513	27,847	30,181	32,515	34,849	37,183	39,517	41,851	44,185	
		2,334	2,334										2,334	2,334	2,334		

Die Geschossabgangswinkel des Infanteriegewehrs M/71.

In der nachfolgenden Tabelle sind den oben hergeleiteten Winkeln die Angabe von anderer Seite gegenüber gestellt, welche unbedeutend abweichende Beträge verzeichnen.

100	Meter	0°	9′	10″	900	Meter	2°	46′ 36″
200	„	0	20′	41	1000	„	3	16 47
300	„	0	34	32	1100	„	3	49 18
400	„	0	50	42	1200	„	4	24 9
500	„	1	9	13	1300	„	5	1 20
600	„	1	30	4	1400	„	5	40 51
700	„	1	53	14	1500	„	6	22 42
800	„	2	18	45	1600	„	7	6 53

100	Meter	0°	9′	34″	(+ 0′ 24″)
200	„	0	21	22	(+ 0′ 41″)
300	„	0	35	24	(+ 0′ 52″)
400	„	0	51	41	(+ 0′ 59″)
500	„	1	10	12	(+ 0′ 59″)
600	„	1	30	58	(+ 0′ 54″)
700	„	1	52	58	(— 0′ 16″)
800	„	2	18	12	(— 0′ 33″)
900	„	2	45	41	(— 0′ 55″)
1000	„	3	15	24	(— 1′ 23″)
1100	„	3	47	22	(— 1′ 56″)
1200	„	4	21	34	(— 2′ 35″)
1300	„	4	58	0	(— 3′ 20″)
1400	„	5	36	41	(— 4′ 10″)
1500	„	6	17	36	(— 5′ 6″)
1600	„	7	0	46	(— 6′ 7″)

Die Abgangswinkel der von 25 zu 25 Meter wachsenden Distanzen, welche bis etwa 300 Meter für die graphische Bestimmung der bestrichenen Räume demnächst erforderlich sind, berechnen sich nach Formel 1 bei dem Einfügen von 3 Gliedern durch Annahme von n nach und nach zu

$$1.; 1 + \frac{1}{3+1} = 1{,}25\,; 1 + \frac{2}{3+1} = 1{,}5$$

und

$$1 + \frac{3}{3+1} = 1{,}75.$$

wobei nach Formel Seite 35 sich für die neue Reihe ein

$$\delta = \frac{2{,}334}{(3+1)^2} = 0{,}145875 \text{ Minuten bezeichnet.}$$

Es ist daher

$$\alpha_1 = 1 \,.\, 9{,}175 + \frac{1 \,.\, 0}{2} \,.\, 2{,}334 = 9{,}175$$

2,6584375

$$\alpha_{1{,}25} = 1{,}25 \,.\, 9{,}175 + \frac{1{,}25 \,.\, 0{,}25}{2} \,.\, 2{,}334 = 11{,}8334375 \qquad 0{,}1458750$$

2,8043125

$$\alpha_{1{,}5} = 1{,}5 \,.\, 9{,}175 + \frac{1{,}5 \,.\, 0{,}5}{2} \,.\, 2{,}334 = 14{,}6377500 \qquad 0{,}1458750$$

2,9501875

$$\alpha_{1{,}75} = 1{,}75 \,.\, 9{,}175 + \frac{1{,}75 \,.\, 0{,}75}{2} \,.\, 2{,}334 = 17{,}5879375 \qquad 0{,}1458750$$

3,0960625

$$\alpha_2 = 2 \,.\, 9{,}175 = 20{,}684$$

Die Reihe zum Nullpunct verlängert ergibt sich für

0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325 Meter
0	2,0749375	4.29575	6,6624375	9,175	11,8334375	14,63775	17,5879375	20,684	23,9259375	27,31375	30,8474375	34,527	38,3524375 Min.
	2,0749375												
	0,145875												

2. Die Einfallwinkel.

Mit Formel 3a berechnet sich der Einfallwinkel für 100 M. zu

$$\varphi_1 = \alpha_1 + \frac{\delta^\alpha}{2}$$

$$= 9{,}175 + \frac{2{,}334}{2}$$

$$= 10{,}342 \text{ Minuten.}$$

Nach Formel 4 ist

$$\delta^\varphi = 2 \,.\, 2{,}334$$

$$= 4{,}668 \text{ Minuten.}$$

Daher die Einfallwinkelreihe für

0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600 Meter.
0	10,342	25,352	45,030	69,376	98,390	132,072	170,422	213,440	261,126	313,480	370,502	432,192	498,550	569,576	645,270	725,632 Min.
	10,342	15,010	19,678	24,346	29,014	33,682	38,350	43,018	47,686	52,354	57,022	61,690	66,358	71,026	75,694	80,362
	4,668	4,668	4,668	4,668	4,668	4,668	4,668	4,668	4,668	4,668	4,668	4,668	4,668	4,668	4,668	

Mithin sind

Die Geschoss-Einfallwinkel des Infanteriegewehrs Modell 1871.

	0	′	″			0	′	″
100 Meter	0	10	21	900 Meter		4	21	8
200 „	0	25	21	1000 „		5	13	29
300 „	0	45	2	1100 „		6	10	30
400 „	1	9	23	1200 „		7	12	12
500 „	1	38	23	1300 „		8	18	33
600 „	2	12	4	1400 „		9	29	35
700 „	2	50	25	1500 „		10	45	16
800 „	3	33	26	1600 „		12	5	38

Die Einfallwinkel der von 25 zu 25 Meter wachsenden Distanzen, welche zur graphischen Bestimmung der Abscissen der Culminationspuncte demnächst erforderlich sind, werden wie vorstehend die Abgangswinkel, bestimmt für

$$\delta = \frac{4{,}668}{(3+1)^2} = 0{,}2917 \text{ Minuten.}$$

und ergeben für

25	Meter	2,14785	Minuten.	225	Meter	29,833875	Minuten.
50	„	4,58750	„	250	„	34,6075	„
75	„	7,318875	„	275	„	39,672875	„
100	„	10,342	„	300	„	45,03	„
125	„	13,656875	„	325	„	50,678875	„
150	„	17,2635	„	350	„	56,6195	„
175	„	21,261875	„	375	„	62,851875	„
200	„	25,352	„	400	„	69,376	„

3. Die Neigungswinkel.

Die Neigungswinkel der Bahnen an den Schneidepuncten derselben mit der Horizontalen auf Mannshöhe und Reiterhöhe werden nach Formel 12 berechnet.

Die Neigungswinkel der Bahnen in ihren Schneidepunkten mit den Horizontalen auf Manns- und Reiterhöhe des Infanterie-Gewehrs Modell 1871.

Entfernung Meter	Im Schnittpunct der Manns-Höhe	Im Schnittpunct der Reiter-Höhe	Entfernung Meter	Im Schnittpunct der Manns-Höhe	Im Schnittpunct der Reiter-Höhe
400	1° 1′ 39″	0° 55′ 37″	1100	6° 7′ 41″	6° 5′ 30″
500	1 32 12	1 27 24	1200	7 9 36	7 7 36
600	2 6 55	2 2 54	1300	8 16 10	8 14 19
700	2 46 0	2 42 36	1400	9 27 22	9 25 39
800	3 29 34	3 26 36	1500	10 43 12	10 41 36
900	4 17 42	4 15 1	1600	12 3 42	12 2 12
1000	5 10 23	5 7 59			

4. Die Coordinaten des Culminationspunctes der Bahn.

Die mathematische Herleitung der Scheitelordinaten aus Formel 6, sowie die graphische Bestimmung der Scheitelabscissen nach Formel 14 basiren auf der Summe der Abgangs- und Einfallwinkel der Geschosse.

Die Summe der Geschoss-Abgangs- und Einfallwinkel des Infanterie-Gewehrs Modell 1871:

25	Meter	4,223	Minuten.	250 Meter	61,921 Minuten.
50	„	8,883	„	275 „	70,520 „
75	„	13,981	„	300 „	79,557 „
100	„	19,517	„	325 „	89,031 „
125	„	25,490	„	350 „	98,943 „
150	„	31,901	„	375 „	109,293 „
175	„	38,850	„	400 „	120,080 „
200	„	46,036	„	500 „	167,605 „
225	„	53,760	„	600 „	222,132 „

700	Meter	283,661 Minuten.	1200	Meter	696,336 Minuten.
800	„	352,192 „	1300	„	799,877 „
900	„	427,725 „	1400	„	910,420 „
1000	„	510,260 „	1500	„	1027,965 „
1100	„	599,797 „	1600	„	1152,512 „

Rechnung und graphisches Verfahren ergeben

Die Coordinaten des Culminationspunctes der Geschossbahnen des Infanterie-Gewehrs Modell 1871:

Entfernung in Meter	Abscisse des Scheitels Meter	Ordinaten des Scheitels Meter	Entfernung in Meter	Abscissen des Scheitels Meter	Ordinaten des Scheitels Meter
25	11,0	0.0038	375	201,5	1,4902
50	24,0	0,0162	400	217,0	1,7464
75	37,5	0,0381	500	271,5	3,047
100	51,0	0,0710	600	326,5	4,846
125	64,0	0,1159	700	382,0	7,220
150	77,5	0,1740	800	440,5	10,245
175	90,5	0,2472	900	498,0	13,997
200	104,0	0,3348	1000	557,0	18,553
225	118,0	0,4397	1100	612,0	23,989
250	132,0	0,5629	1200	669,5	30,383
275	146,0	0,7051	1300	727,5	37,809
300	160,0	0,8680	1400	784,0	46,344
325	174,0	1,0521	1500	842,5	56,065
350	187,5	1,2592	1600	899,5	67,049

5. Die Flugbahn-Ordinaten.

Die Ordinaten der Bahnen auf den einzelnen Zwischendistanzen sind nach der Formel 8. die Senkungen der Bahn auf der um 100 Meter weiteren Entfernung nach Formel 9 zu berechnen, oder aus der graphisch dargestellten Flugbahn einer der grösseren Schussweiten nach dem am Schluss des Abschnitts: „B. Die Präcision" angegebenen Verfahren abzugreifen.

Die Flugbahn-Ordinaten des Infanterie-Gewehrs Modell 1871.

Schuss-weite in Meter	Zwischendistanzen in Meter															
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
100	0	−0,67														
200	0,357	0	−1,209													
300	0,737	0,806	0	−1,883												
400	1,208	1,746	1,412	0	−2,693											
500	1,746	2,824	3,027	2,155	0	−3,639										
600	2,353	4,036	4,846	4,579	3,033	0	−4,721									
700	3 027	5,384	6,869	7,276	6,402	4,046	0	−5,938								
800	3,769	6,868	9,095	10,244	10,112	8,500	5,196	0	−7.291							
900	4,578	8,487	11,522	13,483	14,162	13,357	10,859	6,481	0	−8,780						
1000	5,454	10,241	14,154	16,992	18,550	18,623	17,008	13,504	7,902	0	−10,400					
1100	6,399	12,129	16,987	20,770	23,275	24,274	23,626	21,070	16,414	9,459	0	−12,156				
1200	7,410	14,153	20,023	24,818	28,337	30,370	30,717	29,175	25,535	19,595	11,151	0	−14,062			
1300	8,488	16,308	23,259	29,135	33,734	36,850	38,279	37,821,	35,264	30,408	23,047	12,979	0	−16,094		
1400	9,633	18,600	26,696	33,718	39,466	43,731	46,310	47,004	45,599	41,895	35,687	26,771	14,943	0	−18,261	
1500	10,844	21,022	30,331	38,570	45,531	51,012	54,810	56,722	56,764	54,055	49,068	41,374	30,766	17,043	0	−20,565
1600	12,121	23,577	34,165	43,684	51,927	58,692	63,774	66,973	68,077	66,883	63,187	56,783	47,467	35,033	19,278	0

6. Die bestrichenen Räume.

Die graphische Ermittelung der bestrichenen Räume vor und hinter dem Ziel, sowie der Flugbahngrössen des Maximums des bestrichenen Raums für Infanterist und Reiter erfolgt aus der graphischen Darstellung der Winkelsummen der Geschoss-, Abgangs- und der Gewehr-Schwenkungswinkel für die Höhe der Zielobjecte über und der Differenz dieser Winkel für die Höhe unter der Visirlinie nach Formel 15 und 16.

Die Summen und Differenzen der Geschoss-Abgangs- und der Gewehr-Schwenkungswinkel des Infanterie-Gewehrs Modell 1871.

Entfernung Meter	Die Summen der Abgangswinkel u. Schwenkungswinkel um die Höhe des		Die Differenzen	Entfernung Meter	Die Summen der Abgangswinkel u. Schwenkungswinkel um die Höhe des		Die Differenzen
	Infanteristen über der Visirlinie	Reiters über der Visirlinie	Infanteristen unter der Visirlinie		Infanteristen über der Visirlinie	Reiters über der Visirlinie	Infanteristen unter der Visirlinie
	Minuten				Minuten		
25	125,77	222,085	— 121,63	375	54,20	61,11	38,19
50	66,16	115,30	— 57,57	400	58,44	64,45	42,97
75	47,91	80,0	— 34,59	500	75,40	80,22	63,03
100	40.11	64,18	— 21,76	600	95,21	99,23	84,91
125	37,58	55,83	— 12,92	700	117,66	121,10	108,82
150	35,27	51,30	— 6,00	800	142,62	145,64	134,89
175	35,27	49,02	— 0.1	900	170,03	172,70	163,20
200	36,15	48,18	+ 5,22	1000	199 88	202,28	193,68
225	37,68	48,38	10,18	1100	232,12	234,30	226,47
250	39,70	49,31	14 93	1200	266,73	268,73	261,56
275	42,10	50,85	19.60	1300	303 71	305,56	298,94
300	44,84	52,86	24,21	1400	343,06	344,78	338,63
325	47,87	55,27	28,84	1500	384,76	386,36	380,63
350	51,16	58 01	33,49	1600	428,81	430,31	424,95

Nach dem S. 88 angedeuteten graphischen Verfahren ergeben sich mit Hülfe der Curven α, φ, $\alpha + \varphi$, $\alpha \pm s$:

Die Flugbahngrössen des Maximums des bestrichenen Raums des Infanterie-Gewehrs Modell 1871.

Gegen den Infanteristen von 1,8 M.

Die Schussweite	306 Meter.
Der bestrichene Raum hinterm Ziel	54 „
Das Maximum	360 „
Der Abgangswinkel	35,5 Minuten
Der Einfallwinkel	46,1 „

Gegen den Reiter von 2,5 M.

Die Schussweite	388 Meter.
Der bestrichene Raum hinterm Ziel	42 „
Das Maximum	430 „
Der Abgangswinkel	48,5 Minuten.
Der Einfallwinkel	66,1 „

Bestrichene Räume des Infanterie-Gewehrs Modell 1871.

Entfernung.	Gegen den Infanteristen von 1,8 M. vor dem Ziel	hinter dem Ziel	Summe	Entfernung.	Gegen den Infanteristen von 1,8 M vor dem Ziel	hinter dem Ziel	Summe
			Meter				
100	100	125	225	900	12	11	23
200	200	84	284	1000	10	9	19
300	300	55	355	1100	9	8	17
400	50	40	90	1200	7	7	14
500	34	29	63	1300	6	6	12
600	24	23	47	1400	5	5	10
700	18	17	35	1500	4	4	8
800	15	14	29	1600	3	3	6

Entfernung	Gegen den Reiter von 2,5 M. vor dem Ziel	Gegen den Reiter von 2,5 M. hinter dem Ziel	Gegen den Reiter von 2,5 M. Summe	Entfernung	Gegen den Reiter von 2,5 M. vor dem Ziel	Gegen den Reiter von 2,5 M. hinter dem Ziel	Gegen den Reiter von 2,5 M. Summe
Meter							
100	100	125	225	900	22	11	33
200	200	84	284	1000	19	9	28
300	300	55	355	1100	16	8	24
400	130	40	170	1200	12	7	19
500	66	29	95	1300	10	6	16
600	45	23	68	1400	10	5	15
700	33	17	50	1500	9	4	13
800	26	14	40	1600	7	3	10

Die Flugbahngrössen des Maximums des bestrichenen Raums können auch aus den Curven y, α und φ nach den S. 77 angegebenen Andeutungen hergeleitet werden.

B. Die Präcision.

I. Die Streuungsgarbe der Geschosse.*

Bei der Bestimmung der Visirhöhen oder Winkel für die aufeinanderfolgenden Schussdistanzen wird auf dem Scheibenbild der Mittelpunct der Treffergruppe gesucht, (s. u.) und die beim Schiessen angewendete Visirhöhe nach dem vertikalen Abstand dieses Punctes vom Zielpunct in der Weise corrigirt, dass dann die richtige Visirhöhe für die Richtung nach dem mittleren Treffpuncte passend ist. Die geometrischen Verhältnisse der Flugbahn, wie dieselben vorn aus den Visirhöhen oder Winkeln abgeleitet worden sind, gelten wie erwähnt, daher für die mittlere Flugbahn, die vom mittlern Geschoss beschrieben wird.

Es sind nun die räumlichen Verhältnisse aller Geschosse zu untersuchen, die sich beim wiederholten Schiessen mit der auf den nämlichen Zielpunct gerichteten Waffe um das mittlere Geschoss gruppiren.

Die Treffergruppe in der Zielwand gestaltet sich, unter der Voraussetzung der constant bleibenden Richtung der Waffe zu einer kreisförmigen Bildfläche. Der Raum, innerhalb welchem sämmtliche Geschosse sich bewegen, hat daher einen kreisförmigen Querschnitt und die Geschossbahnen bilden gleichsam

---

* Siehe Siegfried Schiess-Theorie S. 44 bis 48.

eine Garbe deren senkrechter Durchschnitt eben durch das Trefferbild der Scheibe dargestellt wird.

Die geometrische Gestaltung der Streuungsgarbe der Geschosse wird durch eine Zeichnung veranschaulicht, in welcher im Längenschnitt die Bahnen des höchsten, des mittleren und des tiefsten Geschosses dargestellt, und in den Querschnitten die Trefferbilder der entsprechenden Distanzen abgezeichnet werden. (Fig. 27)

Da die Flächen der Trefferbilder mit den Distanzen zunehmen, so bildet die Streuungsgarbe einen bogenförmigen Conus, dessen Achse die mittlere Flugbahn ist und dessen Spitze im Nullpunct der Distanz liegt.

Die verticalen Querschnitte sind auf den kurzen Distanzen als Kreise zu betrachten; sie nehmen aber bald die elliptische Form an, indem der verticale Durchmesser mit den Distanzen stärker zunimmt als der horizontale.

Diese elliptische Form rührt nicht etwa daher, dass die verticalen Querschnitte nicht genau senkrecht auf die Achse gerichtet sind, denn bei der flachen Bahn der Geschosse ist kein merkbarer Unterschied in der Grösse der Durchmesser eines verticalen und eines senkrecht zur Achse geführten Schnittes; diese Form beruht vielmehr auf dem Umstand, dass in verticaler Richtung eine grössere Zahl die Streuung erzeugender Ursachen zur Wirkung kommen als in horizontaler Richtung.

Ein horizontal durch den Streuungskegel geführter Schnitt muss hingegen eine Ellipse bilden; das Aufschlagbild der Geschosse auf dem horizotalen Boden bedeckt eine elliptische Fläche.

Die Dimensionen der Streuungsgarbe nehmen nicht allein mit der Distanz zu, sondern sie sind auch nach den Umständen für dieselbe Distanz verschieden. Die Streuung ist grösser beim Schiessen aus freier Hand als mit aufgelegter Waffe; die geübtesten Schützen haben die kleinsten Trefferbilder und die Vorzüglichkeit der Waffen wird nach den geringern Streuungsgrössen bemessen. Wird hingegen das Schiessen unter gleichen Umständen wiederholt, so ergeben sich gleichbleibende Werthe, deren constante Regelmässigkeit gestattet, zum Voraus die Resultate des Schiessens zu bestimmen, nachdem genügende Er-

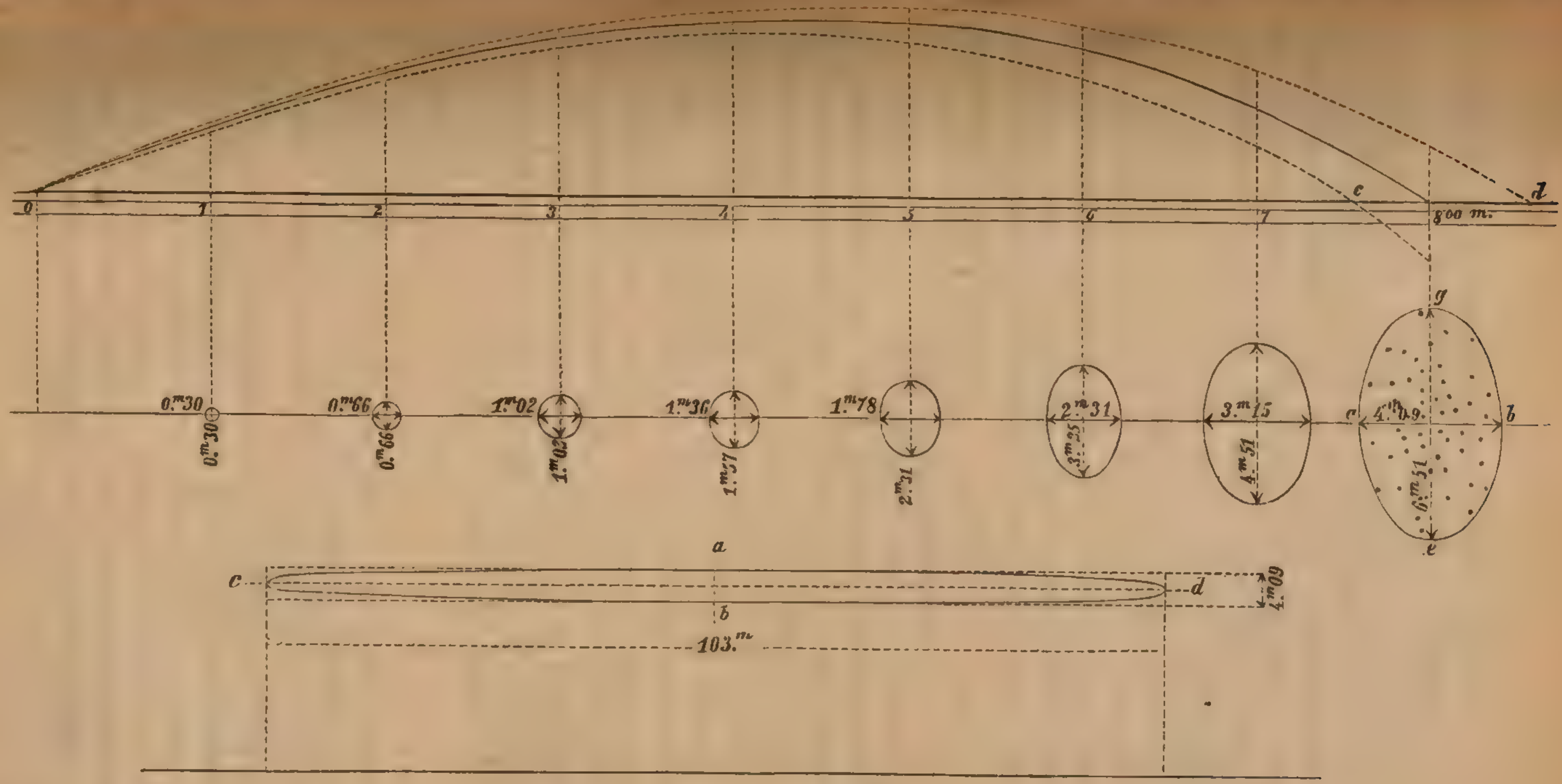


Fig. 27.

Darstellung der Streuungsgarbe der schweizerischen Gewehre.

1) Längenschnitt: Ordinaten 1 M. = 2 mm.; Abscissen 100 M. = 2 mm.
2) Querschnitte: 1 M=4 mm.
3) Horizontaler Schnitt oder elliptische Fläche des Aufschlagbildes der Distanz 800 M.: 1 M. = 1 mm.

fahrungen über die unter gegebenen Umständen vorkommende Streuung gesammelt worden sind.

Beim Schiessen der Truppen auf die gegenüberstehende Zielfläche der Infanteriefront ist nicht mehr die Streuungsgarbe des einzelnen Gewehres, sondern die Gesammtgarbe der ganzen Abtheilung zu betrachten. Ihr Längenschnitt ist derselbe wie bei der einzelnen Garbe; der in der Schussrichtung liegende grosse Durchmesser c d des Aufschlagbildes der Gesammtgarbe, also die Längenstreuung, wächst nicht mit der Distanz; sie wird etwas kleiner, da die Einfallwinkel schneller wachsen als die verticalen Streuungsgrössen auf die verticalen Zielflächen. Der Querschnitt der Gesammtgarbe hingegen bildet ein streifenförmiges Rechteck, dessen Höhe die verticale Streuung ist und dessen Ausdehnung der Zielfront entspricht. In diesem Falle ist allein die verticale Streuung zu berücksichtigen.

Mit Recht wird die Zahl der Trefferprocente * als Massstab der Präcision gebraucht. Je kleiner die Streuung ist, destomehr Treffer wird man in der Zielfläche von gegebenen Dimensionen erhalten. Die Präcision steht daher im umgekehrten Verhältniss zu der Grösse der Streuungsflächen, und es bieten sich zwei Wege zur Beurtheilung derselben dar, entweder nach der Zahl der Trefferprocente in Zielflächen von gegebener Grösse, oder durch die Vergleichung der Dimensionen der Streuungsflächen. Zwischen diesen beiden Präcisionswerthen, Procenten und Streuungsdurchmessern, finden jedoch Beziehungen statt, die erlauben schliesslich immer wieder auf den in die Augen fallenden Massstab der Trefferprocente zurückzukehren.

---

* Man bezeichne die Procente mit p
die Zahl der Schüsse mit s
die Zahl der Treffer mit t :
es besteht die Proportion $p : 100 = t : s$
und die Procente sind daher

$$p = 100 \frac{t}{s}$$

(Sgfd. Sch. Th. S. 44.)

II. Die Ermittelung der Präcision.*

Unterzieht man ein auf beliebige Entfernung nach Einem Zielpuncte erhaltenes Scheibenbild einer eingehenden Betrachtung, so findet man, dass ein grosser Theil, der beim ersten Anblick regellos vertheilt scheinenden Treffer in einer dichteren Gruppe liegt; um diese sind in grösseren Abständen von einander weitere Treffer gelagert, während einzelne wenige in grossen gegenseitigen Abständen nach der Peripherie des Bildes zu, vertheilt erscheinen. (Fig. 28.)

Fig. 28

1. Der mittlere Treffpunct.

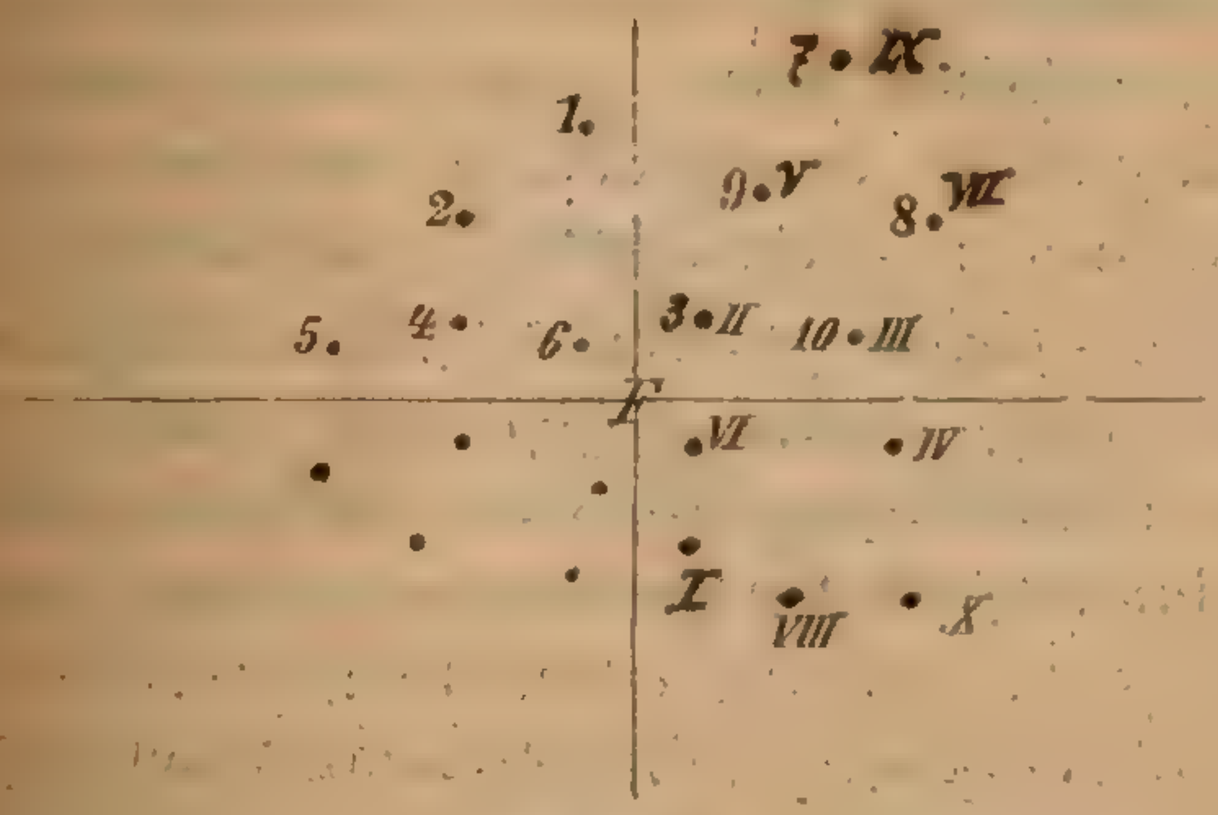


Fig. 29.

Zählt man von den n Treffern eines Bildes die Hälfte von oben nach unten oder umgekehrt ab und zieht durch den Treffer, welcher die Nummer $\frac{n}{2}$ erhält, einen Horizontalstrich, so liegt natürlich die eine Hälfte der Treffer ober-, die andere unterhalb dieses Horizontalstrichs. (Fig. 29.)

Wendet man dasselbe Verfahren von rechts nach links oder umgekehrt an und zieht durch den $\frac{n}{2}$-ten Treffer einen Verticalstrich, so liegt die eine Hälfte der Treffer rechts, die andere links dieses Verticalstrichs. Der Durchschnittspunct des Vertical-

---

* Die nachstehende Abhandlung über die Präcision nach dem Beitrag zur Schiesstheorie von Siegfried ist von dem Königl. Bayerischen Premierlieutenant Herrn Otto Emmerich selbstständig bearbeitet.

und Horizontalstriches oder der „Achsen des Trefferbildes“ nennt man den „mittleren Treffpunct“.

Von ihm und nicht etwa vom Zielpuncte aus werden, wie oben bereits erwähnt, die Abweichungen der einzelnen Treffer, die Präcisionsmasse etc. bestimmt.

2. Die Präcisionsmasse.

Je enger die Treffer um den mittleren Treffpunct gruppirt sind, desto geringer ist natürlich die Streuung, desto grösser die Präcision.

Beschreibt man um den mittleren Treffpunct als Mittelpunct und mit dem Abstande des von ihm entferntesten Treffers als Radius einen Kreis, so liegen in diesem sämmtliche Treffer.

Je kleiner dieser Kreis, beziehungsweise dessen Halbmesser ist, desto grösser ist die Präcision; er könnte daher als Mass für die Präcision benützt werden.

Da aber die vom mittleren Treffpunct entferntesten Treffer ziemlich unregelmässig zerstreut liegen, — sie haben ja ihre abnorme Lage abnormen, bei der Masse der Treffer nicht vorhanden gewesenen Umständen zu verdanken —, so wählt man lieber ein Streuungsmass, welches zur Masse der Treffer in engerer Beziehung steht: den Halbmesser des Kreises, in welchem die bessere Hälfte der Treffer liegt. Derselbe steht zu dem Halbmesser des Kreises für alle Treffer in dem constanten Verhältniss von etwa 1 : 3.

Auf den kürzeren Distanzen ist die Streuung nach der Höhe und nach der Seite ungefähr gleich, die Trefferbilder erscheinen als Kreise, es ist also der Kreis als Präcisionsmass bei ihnen vollständig geeignet; auf den weiteren Entfernungen ist dagegen die Höhenstreuung viel grösser als die Seitenstreuung, die Streuungsbilder erscheinen hier nicht mehr als Kreise, sondern als Elipsen mit senkrechter grosser Achse. Man muss daher auf den weiteren Entfernungen die Unterscheidung zwischen Höhen- und Seitenstreuung treffen und die Achsen der Ellipsen als Präcisionswerthe benützen.

Für rein wissenschaftliche Arbeiten z. B. zum Zwecke der Erforschung der Streuungsgesetze ist dies unzweifelhaft das correcteste Verfahren.

Für die Praxis des Schiessplatzes sowohl, wie für tactisch-ballistische Arbeiten hat jedoch dieses Präcisionsmass das Missliche, dass es in keiner einfachen Beziehung zu den angewendeten Zielflächen steht; diese sind Rechtecke. Es wäre daher ein grosser Gewinn für die Praxis, wenn sich ein genügend exactes Präcisionsmass finden liesse, welches dieselbe Form hat. Dies ist nun in der That der Fall.

Nummerirt man nämlich die n Treffer eines Scheibenbildes nach ihrer Entfernung von der senkrechten Achse und zieht in der Entfernung des $\frac{n}{2}$ ten Treffers von der Achse (diese Entfernung wird als „50procentige Abweichung“ bezeichnet) rechts und links Parallelen mit dieser (siehe Fig. 4, S. 17), so schliessen diese Parallelen einen Streifen — verticaler 50procentiger Zielstreifen genannt — ein, welcher die Hälfte der Treffer des ganzen Bildes enthält. Den Abstand der beiden Parallelen d. h. die Breite der 50procentigen verticalen Zielstreifen, nennt man „horizontalen 50procentigen Zielstreifendurchmesser“ und bezeichnet ihn mit $z'_{0,5}$. Er ist das Mass für die Seitenpräcision.

Verfährt man ebenso in Bezug auf die horizontale Achse, so erhält man als Höhe des horizontalen 50procentigen Zielstreifens den 50procentigen verticalen Zielstreifendurchmesser $z''_{0,5}$ als Mass für die Höhenpräcision.

Die Höhe, beziehungsweise Breite des ganzen Trefferbildes ist ungefähr das 4 bis 4.5fache der bezüglichen Durchmesser der 50procentigen Zielstreifen.

3. Trefferprocente in den Zielstreifen.

Bestimmt man in mehreren Scheibenbildern, die mit verschiedenen Waffen auf verschiedenen Entfernungen erschossen wurden, durch Abzählen vom mittleren Treffpuncte aus, die 50procentigen horizontalen und verticalen Zielstreifendurchmesser, so werden dieselben eine sehr verschiedene Grösse haben. Nimmt man nun in jedem einzelnen Falle den 50procentigen Zielstreifendurchmesser = 1 an und zeichnet in das Trefferbild horizontale und verticale Streifen ein

mit den Durchmessern	0.1	0,2	0,5	1	1,5	2	3	4	4,5
so enthalten dieselben annähernd Trefferprocente	6,0	12,0	28,3	50,0	66,7	78,4	91,9	97,6	99,0

In allen diesen so verschiedenen Scheibenbildern stehen also die Durchmesser der horizontalen wie der verticalen Zielstreifen. welche eine gleiche Anzahl Trefferprocente enthalten, zu dem zugehörigen 50procentigen Zielstreifendurchmesser in dem gleichen constanten Verhältnisse. So sind z. B. in den verschiedensten Scheibenbildern die Durchmesser der Zielstreifen, welche ca. 78,4 Procent Treffer enthalten noch einmal so gross als die zugehörigen 50procentigen Zielstreifendurchmesser. Man weiss daher in jedem besonderen Falle, dass man in einem Streifen dessen Durchmesser doppelt so gross ist, als der 50procentige Zielstreifendurchmesser ca. 78,4 Procent Treffer finden wird und umgekehrt: liegen in einem Streifen vom Durchmesser a: 78,4 Procent Treffer, so ist der 50procentige Zielstreifendurchmesser $= \frac{a}{2}$.

4. Allgemeines Trefferbild.

Sobald man daher den 50procentigen Zielstreifendurchmesser als Masseinheit für die Zielstreifendurchmesser zu Grunde legt, verschwinden sonach die Unterschiede der verschiedenen Trefferbilder und an ihre Stelle tritt ein einziges, das „allgemeine Trefferbild.“

In einer von Oberst Siegfried aus einer grossen Anzahl Scheibenbilder abgeleiteten „Tabelle des allgemeinen Trefferbildes“ sind die Beziehungen der relativen Grösse der Durchmesser der Zielstreifen zu den in letzteren liegenden Trefferprocenten enthalten. (Die obigen Zahlen sind der Tabelle Sch. Th. S. 91 entnommen.)

Die Siegfried'sche Tabelle stimmt in merkwürdiger Weise überein mit einer Tabelle, welche auf rein mathematischem Wege für die Fehlervertheilung beim Gebrauche astronomischer Instrumente aufgestellt wurde.

Tabelle der Trefferprocente im allgemeinen Scheibenbilde.*

Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente	Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente	Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente	Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente
Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
0,00	0,000	0,25	0,134	0,50	0.264	0,75	0,387
0,01	005	0,26	139	0,51	269	0,76	392
0,02	011	0,27	144	0,52	274	0,77	396
0,03	016	0,28	150	0,53	279	0,78	401
0,04	021	0,29	155	0,54	284	0,79	406
0,05	0,027	0,30	0,160	0,55	0,289	0,80	0,411
0,06	032	0,31	166	0,56	294	0.81	415
0,07	038	0,32	171	0,57	299	0,82	420
0,08	043	0,33	176	0,58	304	0,83	424
0,09	048	0,34	181	0.59	309	0,84	429
0,10	0,054	0,35	0,187	0,60	0,314	0,85	0,434
0,11	059	0,36	192	0,61	319	0,86	438
0,12	064	0,37	197	0,62	324	0,87	443
0,13	070	0,38	202	0,63	329	0,88	447
0,14	075	0,39	207	0,64	334	0,89	452
0,15	0,081	0,40	0,213	0,65	0,339	0,90	0,456
0,16	086	0,41	218	0,66	344	0,91	461
0,17	091	0,42	223	0,67	349	0,92	465
0,18	097	0,43	228	0,68	354	0,93	470
0,19	102	0,44	233	0,69	358	0,94	474
0,20	0,107	0,45	0,238	0,70	0,363	0,95	0,478
0,21	113	0,46	244	0,71	368	0,96	483
0,22	118	0,47	249	0,72	373	0,97	486
0,23	123	0,48	254	0,73	378	0,98	491
0.24	129	0,49	259	0,74	382	0,99	496

* S. Siegfried. Das Schiessen mit Geschützen. Aarau 1870. S. 157 etc.

Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente	Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente	Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente	Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente
Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
1,00	0,500	1,30	0,619	1,60	0,719	1,90	0,800
1,01	504	1,31	623	1,61	722	1,91	802
1,02	509	1,32	627	1,62	725	1,92	805
1,03	513	1,33	630	1,63	728	1,93	807
1,04	517	1,34	634	1,64	731	1,94	809
1,05	0,521	1,35	0,637	1,65	0,734	1,95	0,812
1,06	525	1,36	641	1,66	737	1,96	814
1,07	530	1,37	645	1,67	740	1,97	816
1,08	534	1,38	648	1,68	743	1,98	818
1,09	538	1,39	652	1,69	746	1,99	820
1,10	0,542	1,40	0,655	1,70	0,748	2,00	0,823
1,11	546	1,41	658	1,71	751	2,01	825
1,12	550	1,42	662	1,72	754	2,02	827
1,13	554	1,43	665	1,73	757	2,03	829
1,14	558	1,44	669	1,74	759	2,04	831
1,15	0,562	1,45	0,672	1,75	0,762	2,05	0,833
1,16	566	1,46	675	1,76	765	2,06	835
1,17	570	1,47	679	1,77	767	2,07	837
1,18	574	1,48	682	1,78	770	2,08	839
1,19	578	1,49	685	1,79	773	2,09	841
1,20	0,582	1,50	0,688	1,80	0,775	2,10	0,843
1,21	586	1,51	692	1,81	778	2,11	845
1,22	589	1,52	695	1,82	780	2,12	847
1,23	594	1,53	698	1,83	783	2,13	849
1,24	597	1,54	701	1,84	785	2,14	851
1,25	0,601	1,55	0,704	1,85	0,788	2,15	0,853
1,26	605	1,56	707	1,86	790	2,16	855
1,27	608	1,57	710	1,87	793	2,17	857
1,28	612	1,58	713	1,88	795	2,18	859
1,29	616	1,59	716	1,89	798	2,19	860

Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente	Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente	Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente	Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente
Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
2,20	0,862	2,50	0,908	2,80	0,941	3,10	0,963
2,21	864	2,51	910	2,81	942	3,11	964
2,22	866	2,52	911	2,82	943	3,12	965
2,23	867	2,53	912	2,83	944	3,13	965
2,24	869	2,54	913	2,84	945	3,14	966
2,25	0,871	2,55	0,915	2,85	0,945	3,15	0,966
2,26	873	2,56	916	2,86	946	3,16	967
2,27	874	2,57	917	2,87	947	3,17	967
2,28	876	2,58	918	2,88	948	3,18	968
2,29	878	2,59	919	2,89	949	3,19	969
2,30	0,879	2,60	0,921	2,90	0,950	3,20	0,969
2,31	881	2,61	922	2,91	950	3,21	970
2,32	882	2,62	923	2,92	951	3,22	970
2,33	884	2,63	924	2,93	952	3,23	971
2,34	885	2,64	925	2,94	953	3,24	971
2,35	0,887	2,65	0,926	2,95	0,953	3,25	0,972
2,36	889	2,66	927	2,96	954	3,26	972
2,37	890	2,67	928	2,97	955	3,27	973
2,38	892	2,68	929	2,98	956	3,28	973
2,39	893	2,69	930	2,99	956	3,29	974
2,40	0,894	2,70	0,931	3,00	0,957	3,30	0,974
2,41	896	2,71	932	3,01	958	3,31	974
2,42	897	2,72	933	3,02	958	3,32	975
2,43	899	2,73	934	3,03	959	3,33	975
2,44	900	2,74	935	3,04	960	3,34	976
2,45	0,902	2,75	0,936	3,05	0,960	3,35	0,976
2,46	903	2,76	937	3,06	961	3,36	977
2,47	904	2,77	938	3,07	962	3,37	977
2,48	906	2,78	939	3,08	962	3,38	977
2,49	907	2,79	940	3,09	963	3,39	978

Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente	Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente	Breite der Ziel-streifen	Treffer-procente
Z	p	Z	p	Z	p
3,40	0.978	3.90	0.991	4,40	0.997
3,50	982	4.00	993	4,50	998
3,60	985	4,10	994	4,60	998
3,70	987	4,20	995	4.70	998
3,80	990	4,30	996	4,80	999
				4,90	999
				5,00	999

Die von Oberst Siegfried empirisch aus den Schussbeobachtungen aufgestellte Tabelle zeigt für die kleinen Zielflächen etwas mehr Procente als die theoretische; er schreibt dies Unvollkommenheiten in den Beobachtungen zu, die nicht beseitigt werden können. Für die Praxis sind übrigens die Differenzen beider Tabellen ohne Bedeutung. *s. Note S. 152 mit Anmerkg. 3*

Der niederländische Hauptmann im 3. Infanterie-Regiment J. van Dam van Isselt hat aus 1000 Schüssen für das niederländische Beaumont-Gewehr kleinen Kalibers die nachstehende Tabelle der Trefferprocente im allgemeinen Scheibenbilde aufgestellt:

Z	p	Z	p	Z	p
0,1	0,055	0,8	0,411	1,5	0,6725
0,2	0,102	0,9	0,454	1,6	0,6930
0,3	0,152	1,0	0,500	1,7	0,7280
0,4	0,219	1,1	0,526	1,8	0,760
0,5	0,262	1,2	0,568	1,9	0,784
0,6	0,3215	1,3	0,608	2,0	0,810
0,7	0,3605	1,4	0,655	2,1	0,8305

Z	p	Z	p	Z	p
2,2	0,845	3,0	0,951	3,8	0,9855
2,3	0,868	3,1	0,958	3,9	0,9875
2,4	0,888	3,2	0,962	4,0	0,9880
2,5	0,898	3,3	0,969	4,1	0,990
2,6	0,909	3,4	0,9735	4,2	0,9915
2,7	0,919	3,5	0,9745	4,3	0,9925
2,8	0,931	3,6	0,9790	4,4	0,9935
2,9	0,942	3,7	0,9825	4,5	0,9970

In jedem speciellen Trefferbilde verhält sich nun der Durchmesser z eines beliebigen Zielstreifens zu dem ihm entsprechenden Durchmesser Z des allgemeinen Trefferbildes, wie sich der 50procentige Zielstreifendurchmesser $z_{0,5}$ des speciellen Trefferbildes zu dem 50procentigen Zielstreifendurchmesser $Z_{0,5}$ des allgemeinen Bildes verhält, also:

$$z : Z = z_{0,5} : Z_{0,5} \text{ oder}$$
$$Z : z = Z_{0,5} : z_{0,5};$$

nun ist aber der 50procentige Zielstreifendurchmesser $Z_{0,5}$ des allgemeinen Trefferbildes $= 1$, also hat man:

$$Z : z = 1 : z_{0,5}. \qquad \textbf{Hauptformel A.}$$

Sind von den in dieser Formel vorkommenden Grössen zwei bekannt, so kann man die dritte berechnen, und zwar ist:

Präcisions-Formel 1., $Z = \frac{z \cdot 1}{z_{0,5}} = \frac{z}{z_{0,5}};$

„ „ 2., $z = \frac{Z \cdot z_{0,5}}{1} = Z \cdot z_{0,5};$

„ „ 3., $z_{0,5} = \frac{z \cdot 1}{Z} = \frac{z}{Z};$

In der Regel ist Z nicht direct gegeben, sondern die ihm entsprechenden Procente Treffer, für welche man dann in der

Tabelle des allgemeinen Trefferbildes das zugehörige Z aufsuchen und in Rechnung setzen muss; umgekehrt erhält man aus der Rechnung nie direct die in einen Streifen fallenden Trefferprocente, sondern das diesen entsprechende Z, für welches man dann in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes die zugehörigen Trefferprocente ablesen muss.

Eine Beobachtung eignet sich nur dann zu Schlussfolgerungen auf die Streuung, wenn sie sich auf wenigstens 10 Schüsse erstreckt, da bei einer geringeren Anzahl das Trefferbild noch nicht seine definitive Gestalt angenommen hat.

Beispiele:

1) Gegeben: Scheibenhöhe $z'' = 1{,}8$ M.

Scheibenbreite unbegrenzt.

Procent Treffer in der Scheibe: 91,6.

Gesucht: der 50% verticale Zielstreifendurchmesser $z''_{0,5}$.

Zu 91,6 Procent Treffer findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes $Z = 3$.

Nun ist nach Präcisions-Formel 3:

$$z''_{0,5} = \frac{z''}{Z};$$

es ist aber:

$$z'' = 1{,}8 \text{ M. und } Z \doteq 3,$$

also

$$z''_{0,5} = \frac{1{,}8 \text{ M.}}{3} = 0{,}6 \text{ Meter.}$$

Mit Hülfe dieses $z''_{0,5}$ kann man jetzt die Procente Treffer berechnen, welche in Streifen von gegebener Höhe zu erwarten sind, z. B.:

2) Gegeben: Scheibenhöhe $z'' = 0{,}9$ Meter;

Scheibenbreite unbegrenzt;

50procentiger verticaler Zielstreifendurchmesser $= z''_{0,5} = 0{,}6$ Meter.

Gesucht: Procent Treffer in der Scheibe, beziehungsweise der Durchmesser Z im allgemeinen Trefferbild, welcher diesen Trefferprocenten entspricht.

Nach Präcisions-Formel 1. ist:

$$Z = \frac{z''}{z''_{0,5}} = \frac{0,9}{0,6} = 1,5.$$

Zu dem Durchmesser Z = 1,5 findet man aber in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes:

Trefferprocente p = 66,7.

Ebenso kann man mit Hülfe des in 1) gefundenen $z''_{0,5}$ die Höhe des Streifens berechnen, in welchem eine gegebene Procentzahl Treffer liegt, z. B.

3) Gegeben: 50procentiger verticaler Zielstreifendurchmesser $z''_{0,5} = 0,6$ Meter;
Scheibenbreite unbegrenzt;
Procent Treffer in der Scheibe: p = 78,4;

Gesucht: die Scheibenhöhe z''.

Zu 78,4 Procent Treffer findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes den Zielstreifendurchmesser Z = 2.

Nach Präcisions-Formel 2 ist:

$$z'' = Z \cdot z''_{0,5};$$

es ist aber:

$$Z = 2$$

und

$$z''_{0,5} = 0,6 \text{ M.}$$

also

$$z'' = 2 \cdot 0,6 \text{ M.} = 1,2 \text{ M.}$$

die gesuchte Höhe der Scheibe in welcher 78,4 Procent Treffer liegen. —

Ein anschauliches Bild der Vertheilung der Treffer erhält man auch, wenn man sich vorstellt, dass jedes Geschoss in seinem

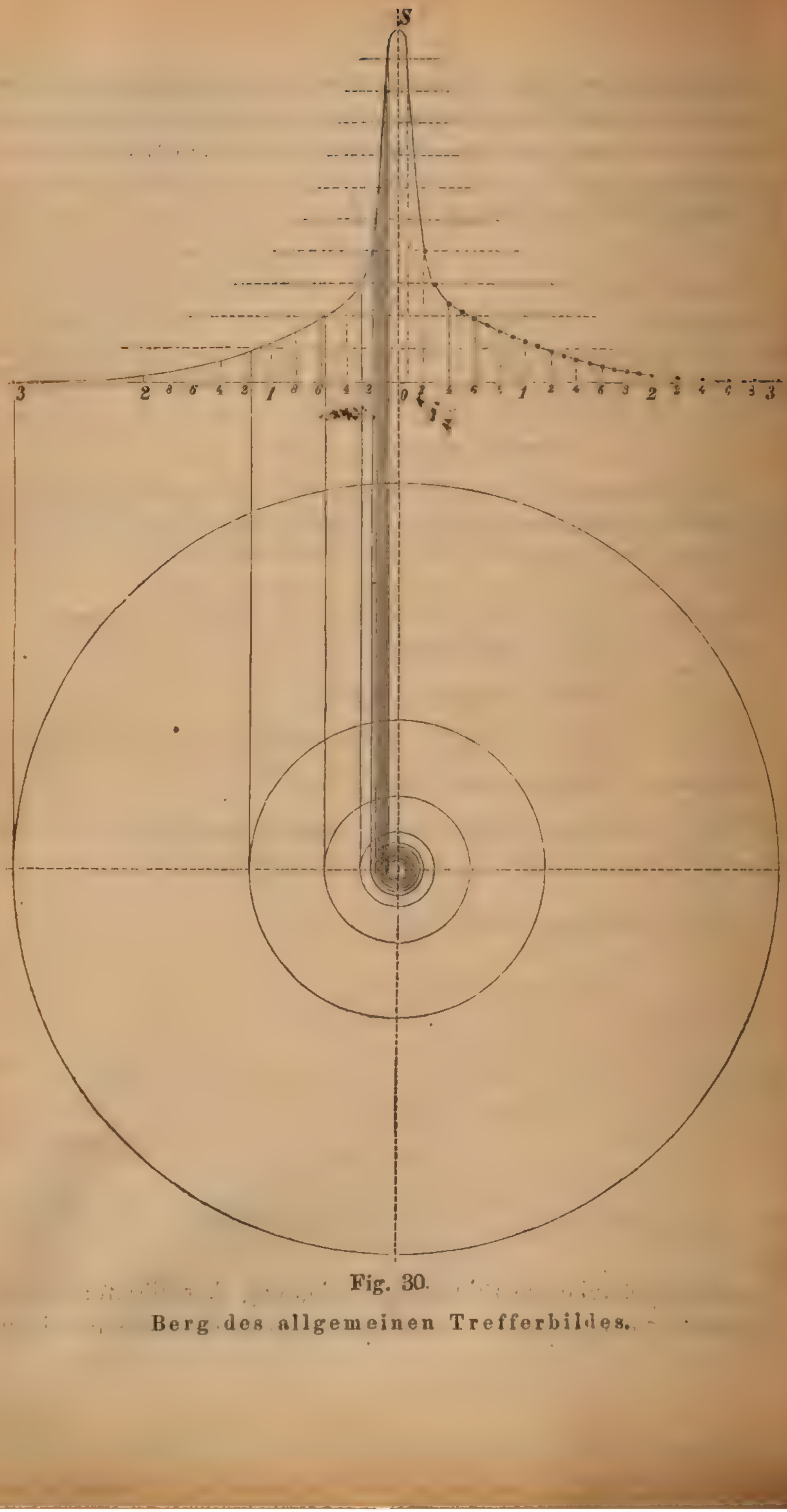


Fig. 30.

Berg des allgemeinen Trefferbildes.

Treffpunct sitzen bleibe und dass so lange fortgeschossen werde, bis sich ein Haufe von Geschossen, der Trefferberg genannt, (Fig. 30) angesammelt habe. Die Höhe des Trefferberges auf den verschiedenen Entfernungen vom Treffmittelpunct entspricht genau der Dichtigkeit der Treffer auf eben diesen Entfernungen im Trefferbilde; dabei ist es selbstverständlich, dass man sich die auffangende Scheibe ebensowohl horizontal als vertical aufgestellt denken kann. Alle Schlussfolgerungen, welche sich aus dem Begriffe des allgemeinen Trefferbildes ergeben, sind natürlich auch auf den Trefferberg anwendbar. (S. Sgfrd. Sch. Th. S. 110 etc.)

Das anschaulichste Bild der Treffer im Scheibenbilde dürfte übrigens die erst nach Vollendung dieses Abschnittes der Präcision gefundene und hier zuerst veröffentlichte „Eintheilung der Trefferbilder in 100 äquivalente Treffflächen (Rechtecke) mit je 1 Procent Treffer“ geben, bezüglich welcher auf den Schluss dieses Abschnitts und auf die angehängte Tafel 2 verwiesen wird.

5. Die Trefferprocente in den Rechtecken der Scheibenbilder.

Die verticalen und horizontalen Zielstreifen der Trefferbilder kreuzen sich in Rechtecken. Die Trefferprocente P, welche diese Rechtecke enthalten, sind nun gleich dem Producte der Trefferprocente der zugehörigen Zielstreifen — 100 Procent = 1 gesetzt —; d. h. wenn ein Streifen $\frac{1}{n}$ der Treffer eines Scheibenbildes enthält, so schneidet er auch $\frac{1}{n}$ der Treffer jedes ihn kreuzenden Streifens ab. Enthält also z. B.: ein horizontaler Zielstreifen 80 Procent Treffer = p″ und ein ihn kreuzender verticaler 20 Procent Treffer = p′, so enthält das Rechteck, in welchem sich die beiden Zielstreifen kreuzen:

$$P = p'' \,.\, p' \qquad \textbf{Hauptformel B.}$$
$$= 0{,}8 \,.\, 0{,}2 = 0{,}16$$
$$= \textbf{16 Procent Treffer.}$$

Es ist ersichtlich, dass man jetzt die Trefferprocente berechnen kann, welche in gegebene Zielrechtecke fallen, wenn

die 50procentigen verticalen und horizontalen Zielstreifendurchmesser bekannt sind. Man hat hierzu nur die Trefferprocente zu berechnen, welche in die der Höhe und Breite des Rechteckes entsprechenden Zielstreifen fallen (siehe Beispiel 2 S. 124) und diese gefundenen Trefferprocente mit einander zu multipliciren; das Product ist die gesuchte Procentzahl Treffer im Rechteck z. B.

4) Schiessen mit aufgelegter Waffe, aptirtes Zündnadelgewehr.

Schussweite: 500 Meter.

Gegeben: $z''_{0,5} = 0{,}92$ Meter;

$z'_{0,5} = 0{,}71$ Meter;

Scheibenhöhe: $z'' = 1{,}8$ Meter;

Scheibenbreite: $z' = 0{,}4$ Meter;

Gesucht: Procentzahl Treffer in der Scheibe.

Für den der Scheibenhöhe $z'' = 1{,}8$ M. im allgemeinen Trefferbild entsprechenden Durchmesser Z'' hat man nach Präcisions-Formel 1:

$$Z'' = \frac{z''}{z''_{0,5}};$$

es ist aber:

$$z'' = 1{,}8 \text{ Meter}$$

und

$$z''_{0,5} = 0{,}92 \text{ Meter},$$

also

$$Z'' = \frac{1{,}8}{0{,}92} = 1{,}95;$$

hierzu findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes:

$$p'' = 77{,}3 \text{ Procent Treffer.}$$

Für den der Scheibenbreite $z' = 0{,}4$ M. im allgemeinen Trefferbild entsprechenden Durchmesser Z' hat man nach Präcisions-Formel 1:

$$Z' = \frac{z'}{z'_{0,5}}$$

es ist aber:

$$z' = 0{,}4 \text{ Meter}$$

und

$$z'_{0,5} = 0{,}71 \text{ Meter}$$

also

$$Z' = \frac{0{,}4}{0{,}71} = 0{,}563,$$

hierzu findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes:

$$p' = 31{,}4 \text{ Procent Treffer.}$$

Es kommen also nach Hauptformel B., auf die Scheibe:

$$P = p''.\ p' = 0{,}773.\ 0{,}314 = 0{,}2427 = 24{,}27 \text{ Procent Treffer.}$$

Umgekehrt kann man wieder aus den Trefferprocenten in gegebenen Zielflächen die Präcisionsmasse (50procentige Zielstreifendurchmesser) herleiten. Um diese Berechnung jedoch unmittelbar ausführen zu können, ist es nothwendig, dass unter den gegebenen Zielflächen sich ein vollständiger Zielstreifen befindet.

Nach dem unter 6. 2 S. 136 angegebenen graphischen Verfahren ist es indessen möglich die Zielstreifendurchmesser $z''_{0,5}$ und $z'_{0,5}$ zu finden wenn die Trefferprocente in 2 Rechtecken gegeben sind, welche je eine Dimension gemeinsam haben.

5) Gegeben: in Scheibe 1 von 1,8 Meter Höhe und 0,4 Meter Breite 24,27 Procent Treffer;
in Scheibe 2 von 1,8 M. Höhe und unbegrenzter Breitenausdehnung 77,3 Procent Treffer.

Gesucht: 1) der verticale Zielstreifendurchmesser $z''_{0,5}$;
2) „ horizontale „ „ $z'_{0,5}$.

Aus Scheibe 2 hat man nach Hauptformel B:

$$P = p'' \cdot p';$$

es ist aber:

$$p' = 100\%\ \text{Treffer}$$

und

$$P = 77{,}3\%\ \text{Treffer}$$

also

$$0{,}773 = p''.\ 1,$$

woraus

$$p'' = 0{,}773 = 77{,}3\ \text{Procent Treffer;}$$

hierzu findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes den Durchmesser

$$Z = 1{,}95.$$

Nun ist nach Präcisions-Formel 3:

$$z''_{0{,}5} = \frac{z''}{Z};$$

es ist aber:

$$z'' = 1{,}8\ \text{Meter}$$

und

$$Z = 1{,}95$$

also

$$z''_{0{,}5} = \frac{1{,}8\ \text{M.}}{1{,}95} = 0{,}92\ \text{Meter.}$$

Aus Scheibe 1 hat man nach Hauptformel B;

$$P = p''\ .\ p';$$

es ist aber

$$p'' = 77{,}3\%\ \text{Treffer (aus Scheibe 2 gefunden)}$$

$$P = 24{,}27\%\ \text{Treffer gegeben,}$$

also

$$0{,}2427 = 0{,}773\ .\ p'$$

woraus

$$p' = \frac{0{,}2427}{0{,}773} = 0{,}314 = 31{,}4\%\ \text{Treffer.}$$

Hierzu findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes den Durchmesser

$$Z = 0{,}563.$$

Man hat jetzt wieder nach Präcisions-Formel 3:

$$z'_{0,5} = \frac{z}{Z};$$

es ist aber:

$$z = 0{,}4 \text{ Meter}$$

und

$$Z = 0{,}563$$

also

$$z'_{0,5} = \frac{0{,}4}{0{,}563} = 0{,}71 \text{ Meter.}$$

Für die kürzeren Schussweiten, für welche die Höhen- und Breitenstreuung als gleich angenommen werden kann, ist es möglich den 50procentigen Zielstreifendurchmesser $z_{0,5}$ ($z''_{0,5} = z'_{0,5} = z_{0,5}$) aus den Trefferprocenten, welche in einem Quadrate von gegebener Seite liegen, direct zu berechnen.

(Nach dem unter 6. 1. S. 133 angegebenen graphischen Verfahren kann man $z_{0,5}$ auch finden, wenn die Trefferprocente in ein Rechteck gegeben sind.)

Es ist nämlich in diesem Falle (d. h. wenn die Treffer in ein Quadrat gegeben sind):

$$p'' = p' = p,$$

also in Hauptformel B:

$$P = p'' \cdot p' = p \cdot p = p^2,$$

woraus

$$p = \sqrt{P}.$$

Zu diesem p sucht man dann in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes den Durchmesser Z und aus diesem und dem gegebenen z berechnet man nach Präcisions-Formel 3 den gesuchten 50procentigen Zielstreifendurchmesser $z_{0,5}$;

$$z_{0,5} = \frac{z}{Z}.$$

Für die kürzeren Schussweiten, für welche die Höhen- und Seitenstreuung als gleich angenommen werden kann, besteht zwischen dem 50procentigen Zielstreifendurchmesser $z_{0,5}$ und dem

Durchmesser $d_{0,5}$ des Kreises, welcher die bessere Hälfte der Treffer enthält, das constante Verhältniss:

$$z_{0,5} = \frac{d_{0,5}}{1,75}. \qquad \textbf{Hauptformel C.}$$

Ist daher $d_{0,5}$ gegeben, so kann man nach obiger Formel $z_{0,5}$ unmittelbar berechnen. — Für die grösseren Schussweiten treten an Stelle des 50 %gen Durchmessers $d_{0,5}$ die vertikalen und horizontalen Achsen $d''_{0,5}$ und $d'_{0,5}$ der 50 %gen Ellipsen die zu $z''_{0,5}$ und $z'_{0,5}$ ebenfalls in dem in Hauptformel $\mathfrak{A}^c_\infty$ ausgedrückten Verhältnisse stehen.

6. Die graphische Bestimmung der 50procentigen Zielstreifendurchmesser aus den Trefferprocenten in gegebenen Zielflächen.

Siegfried sagt (S. 101 des Beitrags zur Schiesstheorie) bei Gelegenheit der Berechnung der Streuungsdurchmesser aus den Procenten in gegebenen Zielflächen:

„Da jedoch die Scheibe 1,8 bis jetzt nicht zur Ermittelung der Präcision im Einzelfeuer verwendet wurde, wobei die Streuung in verticaler Richtung sich sofort ergeben würde, so ist man genöthigt die horizontale und verticale Streuung als gleich anzunehmen;“

Es scheint sonach eine mathematische Lösung des Problems: „aus den Trefferprocenten in gegebenen Zielflächen die Zielstreifendurchmesser zu finden“ nur in folgenden beiden Fällen möglich zu sein:

1) wenn die horizontale und verticale Streuung als gleich angenommen werden kann und die Trefferprocente in einem Quadrat oder in einen Kreis gegeben sind;
2) wenn sich unter den gegebenen Zielflächen ein vollständiger Zielstreifen befindet.

Hierdurch ist aber die Benutzung beziehungsweise Vergleichung der Schiessresultate sehr eingeschränkt, da die obigen beiden Bedingungen in den wenigsten Fällen erfüllt sind. Mittelst des nachstehenden graphischen Verfahrens ergibt sich die Lösung der Probleme

1) den 50procentigen Zielstreifendurchmesser aus den gegebenen Trefferprocenten in ein Rechteck zu bestimmen,

wenn die horizontale und verticale Streuung als gleich angenommen werden kann.

2) die 50procentigen horizontalen und verticalen Zielstreifendurchmesser aus den gegebenen Trefferprocenten in zwei Rechtecke zu bestimmen, welche eine Dimension gleich haben.

Die Lösung des Problems die 50procentigen verticalen und horizontalen Zielstreifendurchmesser aus den gegebenen Trefferprocenten in zwei beliebige Rechtecke zu finden, ist zwar auch möglich, das einzuschlagende Verfahren jedoch zu complicirt, als dass es sich zur Mittheilung an dieser Stelle eignete.

1) Die graphische Bestimmung des 50procentigen Zielstreifendurchmessers aus den gegebenen Trefferprocenten in ein Rechteck, wenn die horizontale und verticale Streuung als gleich angenommen werden kann.

Gegeben:

Scheibenhöhe = 1,462 M.
Scheibenbreite = 0,65 M.
Trefferprocente in der Scheibe: 60 Procent. NB. Schiessresultat der schweizerischen Scharfschützen 1830 mit dem Kapselstutzen auf 300 Schritt (195 Meter).

Da $z''_{0,5} = z'_{0,5}$ angenommen ist, so verhalten sich die Z'' und Z' im allgemeinen Trefferbild wie die Höhen- zur Breiten-Dimension der Scheibe, also

$$1)\ Z'' : z' = 1{,}462 : 0{,}65;$$

ausserdem ist

$$2)\ p''.\ p' = 0{,}6.$$

In einem Gitterbogen (Fig. 31) benütze man nun die Abscissenachse für die verticalen Durchmesser Z'' im allgemeinen Trefferbild; die Ordinatenachse für die horizontalen Durchmesser Z' im allgemeinen Trefferbild und zugleich zur Auftragung der Trefferprocente.

Hierauf ziehe man die Linie AB so, dass die Abscisse des Punctes M gleich der Scheibenhöhe = 1,462 M., die Ordinate gleich der Scheibenbreite = 0,65 M. ist. Die Linie AB schneidet

dann für jede Abscisse oder verticalen Durchmesser Z″ die zugehörige Ordinate oder horizontalen Durchmesser Z′ in der Weise ab, dass diese Durchmesser Z″ und Z′ in dem verlangten Verhältniss 1,462: 0,65 stehen.

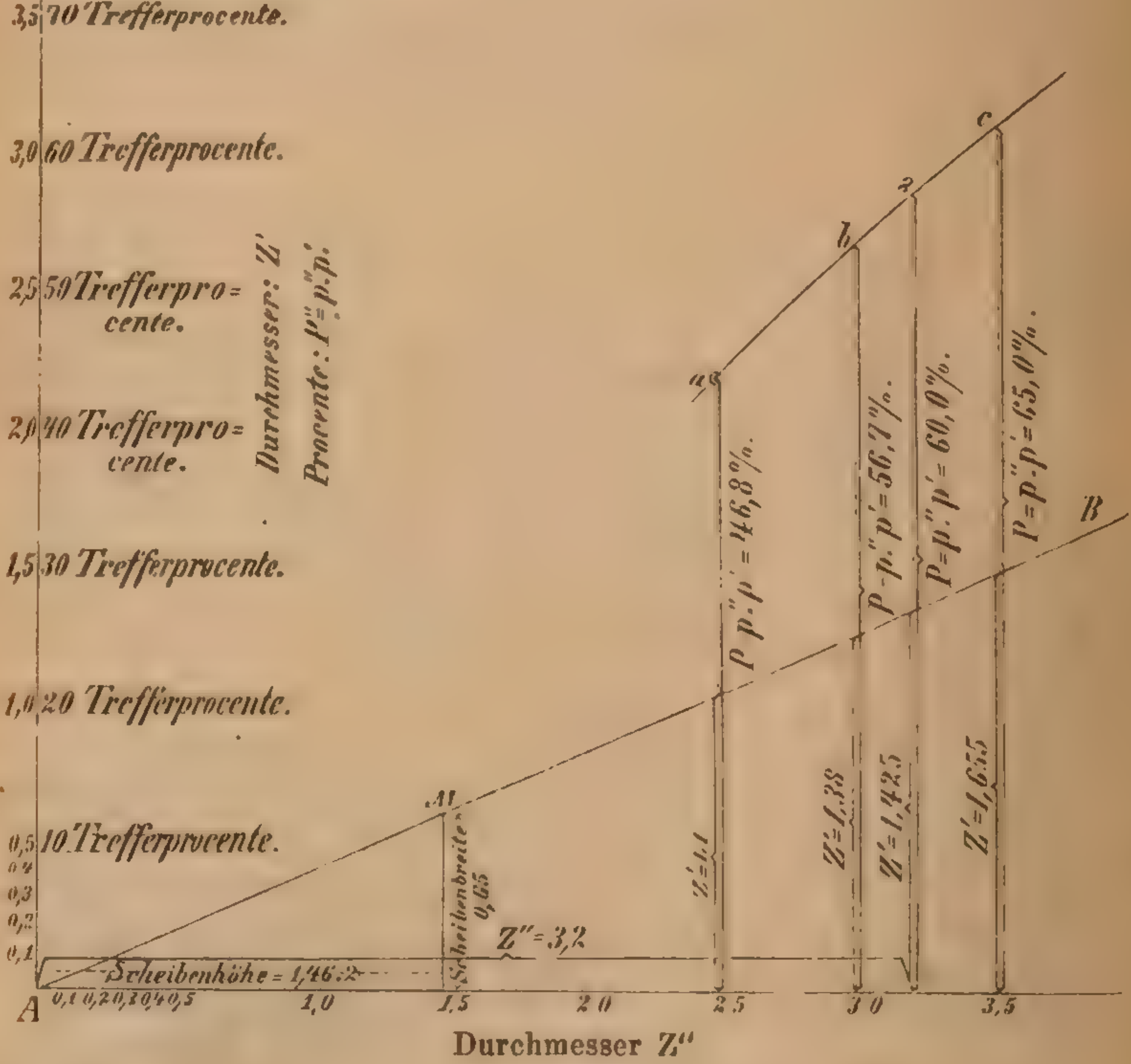


Fig. 31.

Man suche jetzt für beliebige Z″ und zugehörige Z′ z. B.

$$Z'' = 2{,}5;\ Z' = 1{,}11$$
$$Z'' = 3{,}0;\ Z' = 1{,}33$$
$$Z'' = 3{,}5;\ Z' = 1{,}555$$

in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes die diesen Durchmessern entsprechenden Procente Treffer und multiplicire die zugehörigen Procentzahlen; also

1) für $Z'' = 2{,}5$ ist $p'' = 86{,}5\%$ Treffer;
2) „ $= 3{,}0$ „ $= 91{,}9\%$ „
3) „ $= 3{,}5$ „ $= 95{,}5\%$ „

1) für $Z' = 1{,}11$ ist $p' = 54{,}18\%$ Treffer;
2) „ $= 1{,}33$ „ $= 61{,}8\%$ „
3) „ $= 1{,}555$ „ $= 68{,}13\%$ „

daher

$$P = p'' \cdot p' = 0{,}865 \cdot 0{,}5418 = 46{,}8\% \text{ Treffer.}$$
$$= 0{,}919 \cdot 0{,}618 = 56{,}7\% \text{ „}$$
$$= 0{,}955 \cdot 0{,}6813 = 65{,}0\% \text{ „}$$

Die so gefundenen Procentzahlen P trage man nun als Ordinaten über den zugehörigen Z″ als Abscissen in den Gitterbogen und verbinde die eingetragenen Puncte a, b, c durch eine Curve. Wo diese die Procentordinate 60 durchschneidet, in vorliegendem Falle also bei s, sind die in der Angabe gegebenen Bedingungen erfüllt.

Zur Procentordinate 60 gehört nemlich $Z'' = 3{,}2$ und $Z' = 1{,}425$ und zu diesen die Procente $p'' = 93{,}5$ und $p' = 64{,}75$; es ist also:

1) $3{,}2 : 1{,}425 = 1{,}462 : 0{,}65$
2) $0{,}935 \cdot 0{,}6475 = 0{,}605 = 60$ Procent.

Nun ist nach Präcisions-Formel 3

$$z_{0,5} = \frac{z''}{Z''} = \frac{1,462}{3,2} = 0,456.$$

Mit dem so gefundenen $z_{0,5}$ kann man jetzt die Procente, welche in beliebige andere Zielflächen fallen, berechnen.

Für eine Scheibe von 1,784 M. Höhe und 0,974 M. Breite hat man z. B. nach Präcisions-Formel 1:

$$Z'' = \frac{z''}{z_{0,5}} = \frac{1,784}{0,456} = 3,91.$$

Hierzu findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes

$$p'' = 97,34 \text{ Procent Treffer.}$$

Ferner ist

$$Z' = \frac{z'}{z_{0,5}} = \frac{0,974}{0,456} = 2,135;$$

Hierzu findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes

$$p' = 80,83 \text{ Procent Treffer.}$$

Nach Hauptformel B ist also die Procentzahl Treffer in der Scheibe

$$P = p''. p' = 0,9734. 0,8083$$
$$= 0,787$$
$$= 78,7 \text{ Procent.}$$

In Wirklichkeit waren in der Scheibe 82 Procent Treffer.

2) Die graphische Bestimmung der 50procentigen horizontalen und verticalen Zielstreifendurchmesser aus den gegebenen Trefferprocenten in zwei Rechtecken, welche eine Dimension gleich haben.

Gegeben (S. Siegfried Schth. S. 57):

Schweizerisches Repetirgewehr, freihändig (gute Schützen).

Schussweite 600 Meter

	Scheibe 1	Scheibe 2
Höhe	1,8 M.	1,8 M.
Breite	0,42 M.	1,8 M.
Procent Treffer	23	65

Bezeichnet man

die verticalen Trefferprocente (Procente im horizontalen Streifen) mit x

die horizontalen Trefferprocente (Procente im verticalen Streifen) in Scheibe 1 mit y

„ 2 „ v

so ist nach der Angabe und der Präcisionshauptformel B

$$\text{I } x.\ y = 23$$
$$\text{II } x.\ v = 65.$$

Ausserdem verhalten sich die y und v entsprechenden Durchmesser Z'_y und Z'_v, wie die entsprechenden Scheibenbreiten, also

$$Z'_y : Z'_v = 0{,}42 : 1{,}8$$

oder

$$\text{III } Z'_y = \frac{0{,}42}{1{,}8} Z'_v = 0{,}233\ Z'_v.$$

Aus I und II hat man

$$\frac{x\ .\ y}{x\ .\ v} = \frac{23}{65} = 0{,}354$$

$$y = 0{,}354\ .\ v.$$

Ueber AD als Abscissenachse (Fig. 32) für die Zielstreifendurchmesser Z'_y zieht man die Curve des allgemeinen Trefferbildes mit AC als Ordinatenachse für die Procente.

Ferner zieht man die Linie AB so, dass RT = 0,42 und AR = 1,8 M., dann ist z. B. Na = 0,35 das dem $Z'_v = 1{,}5$ entsprechende Z'_y .

Die der Gleichung III entsprechenden Werthe von Z'_y für beliebig gewählte Werthe von Z'_v ergeben sich wie folgt:

1) Für $Z'_v = 1{,}5$ ist $Z'_y = 0{,}35$, entsprechend A m'.
2) Für $Z'_v = 1{,}75$ ist $Z'_y = 0{,}408$ entsprechend A n'.

Fig. 32.

3) Für $Z'_v = 2{,}00$ ist $Z'_y = 0{,}466$ entsprechend A o'.
4) Für $Z'_v = 2{,}50$ ist $Z'_y = 0{,}580$ entsprechend A p'.

Nach der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes findet man nach der Gleichung $y = 0{,}354\ v$:

1) Für $Z'_v = 1{,}5$ ist $p' = v = 66{,}7$, also für das entsprechende $Z'_y = 0{,}35$ ist $y = 23{,}6$.

2) Für $Z'_v = 1{,}75$ ist $p' = v = 72{,}9$, also für das entsprechende $Z'_y = 0{,}408$ ist $y = 25{,}8$.

3) Für $Z'_v = 2{,}0$ ist $p' = v = 78{,}4$, also für das entsprechende $Z'_y = 0{,}466$ ist $y = 27{,}75$.

4) Für $Z'_v = 2{,}5$ ist $p' = v = 86{,}5$, also für das entsprechende $Z'_y = 0{,}58$ ist $y = 30{,}64$.

Diese Werthe von y für die verschiedenen Werthe von Z'_y werden nun als Ordinaten über den entsprechenden Puncten m', n', o', p', der Abscissenachse AD aufgetragen, wodurch man die zu einer Curve zu verbindenden Puncte a', b', c', d' erhält. Wo diese oder ihre Verlängerung die Curve des allgemeinen Trefferbildes schneidet, sind die Bedingungen der Angabe erfüllt.

Im vorliegenden Beispiele ist dies bei s' der Fall, d. h. für den Werth von $y = 29{,}35$ Procent Treffer.

Diesem Werthe entspricht ein Werth von

$$Z'_y = 0{,}521$$

und diesem wieder nach Gleichung III ein solcher von

$$Z'_v = 2{,}235.$$

Zu letzterem Werthe findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes:

$$p' = v = 82{,}63 \text{ Procent Treffer.}$$

Nach der Präcisions-Formel 3 ist nun

$$z'_{0,5} = \frac{z'}{Z'}$$; es ist aber $z' = 0{,}42$ M. nach der Angabe

$Z' = 0{,}521$ graphisch bestimmt,

also

$$z'_{0,5} = \frac{0{,}42 \text{ M.}}{0{,}521} = 0{,}806 \text{ M.}$$

Nach Gleichung I ist

$x \cdot y = 23$, es ist $y = 29{,}35$ graphisch bestimmt,

daher

$$x = \frac{23}{29{,}35} = 0{,}784 = 78{,}4 \text{ Procent Treffer.}$$

Hierzu findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes $Z'' = 2$.

Nach der Präcisions-Formel 3 ist nun wieder

$z''_{0,5} = \frac{z''}{Z''}$ und zwar $z'' = 1{,}8$ M. nach der Angabe

$Z'' = 2$ graphisch gefunden

daher

$$z''_{0,5} = \frac{1{,}8 \text{ M.}}{2} = 0{,}9 \text{ Meter.}$$

Hiermit ist die Aufgabe gelöst.

Mit diesen Werthen von $z'_{0,5}$ und $z''_{0,5}$ erhält man z. B. für eine Scheibe von 0,6 M. Breite und 0,6 M. Höhe:

$$Z'' = \frac{z''}{z''_{0,5}} = \frac{0{,}6}{0{,}9} = 0{,}666$$

hierzu findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes

$p'' = 36$ Procent Treffer;

ferner ist

$$Z' = \frac{z'}{z'_{0,5}} = \frac{0,6}{0,806} = 0,745;$$

hierzu findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes

$$p' = 39,7 \text{ Procent Treffer;}$$

also

$$P = p''.\ p' = 0,36.\ 0,397 = 0,143$$

$$= 14,3 \text{ Procent Treffer,}$$

während Siegfried auf Grund hinlänglich zahlreicher Schiessresultate abgerundet

15 Procent Treffer

angibt.

7. Die Ursachen und die Zusammensetzung der Streuung.

Angaben über die Streuung verschiedener Gewehrsysteme findet man im Tabellentheile, dem zweiten dieses Werkes.

Die Ursache der Streuung des einzelnen Gewehrs, welch' letztere ja ein Ausdruck und Mass ist für die Ungleichmässigkeiten der Flugbahnen mehrerer auf dieselbe Entfernung und nach dem nämlichen Zielpunct abgegebener Schüsse, liegt natürlich in der Ungleichmässigkeit der Factoren, welche auf die Flugbahn Einfluss haben. Die Seitenstreuung wird in erster Linie durch die Rotation der Geschosse bedingt. Was sodann die Höhenstreuung anbelangt, so sind es vor Allem die Ungleichmässigkeiten der Anfangsgeschwindigkeit und des Luftwider-

---

Anmerkung. Aus der Prehn'schen Formel für die Abgangswinkel

$$\sin 2\alpha = \frac{g}{c^2 k}\left(k + \frac{x}{3}\right) x$$

geht übrigens unter anderem hervor, dass eine kleine Aenderung von c um so weniger Einfluss auf die Differenzen der Abgangswinkel, also indirect auf die Höhenlage des Treffpunctes hat, je grösser c (Anfangsgeschwindigkeit) ist.

stands, welche eine höhere oder tiefere Lage des Treffpunctes zur Folge haben, also als Streuungsursachen auftreten.

Alles was Unregelmäsigkeiten der Anfangsgeschwindigkeit verursacht, hat also vergrösserte Höhenstreuung zur Folge.

Solche Ursachen können z. B. sein: Ungleichmässigkeiten der Pulverladung und des Geschosses nach Gewicht und Beschaffenheit, Mängel des Gewehrs oder der Patronenhülse, die z. B. Gasausströmung zur Folge haben etc. Ungleichmässigkeiten im Luftwiderstand werden durch Ungleichmässigkeiten der Form des Geschosses, durch Ungleichmässigkeiten der Anfangsgeschwindigkeit und durch Ungleichmässigkeit der Luft selbst, nach Gewicht, Beschaffenheit und Bewegung verursacht.

8. Die Präcision der Bewaffnung.

Zu den oben erwähnten Streuungsursachen treten noch andere, sobald man das Gewehr nicht mehr als Individuum, sondern als Repräsentanten der mittleren Leistung der Bewaffnung einer Armee betrachtet.

Schiesst man nämlich auf dieselbe Entfernung mit verschiedenen Gewehren eines und desselben Modells Scheibenbilder, so ergibt sich, dass die mittleren Treffpuncte der einzelnen Scheibenbilder zum Zielpuncte eine verschiedene Lage haben.

Vereinigt man diese mittleren Treffpuncte zu einem Scheibenbilde, ermittelt an diesem die 50procentigen Zielstreifendurchmesser $Z_{0,5}$, ermittelt man ferner die 50procentigen Zielstreifendurchmesser $\mathbf{Z}_{0,5}$ des Gesammtbildes, zu welchem man die einzelnen Scheibenbilder vereinigt hat, so ist, wenn $z_{0,5}$ die 50procentigen Zielstreifendurchmesser des einzelnen (mittleren) Gewehrs bedeutet:

$$\mathbf{Z}^2_{0,5} = \mathbf{Z}^2_{0,5} + z^2_{0,5}$$

woraus

$$\mathbf{Z}_{0,5} = \sqrt{\mathbf{Z}^2_{0,5} + z^2_{0,5}}$$

und

$$z_{0,5} = \sqrt{\mathbf{Z}^2_{0,5} - z^2_{0,5}}.$$

Tritt zu den Ursachen, welche die 50procentigen Zielstreifendurchmesser $\mathbf{Z}_{0,5}$ zur Folge hatten, noch eine neue hinzu und

vergrössern sich hierdurch die 50procentigen Zielstreifendurchmesser auf $\mathfrak{Z}_{0,5}$, so hat man für die 50procentigen Zielstreifendurchmesser $\mathfrak{z}_{0,5}$, welche sich ergeben würden, wenn diese neue Ursache allein auf die Streuung einwirkte:

$$1)\quad \mathfrak{Z}^2_{0,5} = \mathfrak{Z}^2_{6,5} + \mathfrak{z}^2_{0,5}$$

$$2)\quad \mathfrak{z}_{0,5} = \sqrt{\mathfrak{Z}^2_{0,5} - \mathfrak{Z}^2_{0,5}}$$

nun ist aber

$$\mathfrak{Z}^2_{0,5} = Z^2_{0,5} + z^2_{0,5}$$

also hat man für 1

$$\mathfrak{Z}^2_{0,5} = Z^2_{0,5} + z^2_{0,5} + \mathfrak{z}^2_{0,5} + \ldots \quad \textbf{Hauptformel D.}$$

9. Die Fehler des Schützen.

Eine solche Ursache ist z. B. der Fehler im Abkommen beim freihändigen Schiessen, der sich sonach für jeden einzelnen Schützen oder für ganze Abtheilungen nach der obigen Formel bestimmen lässt.

10. Die Fehler im Distanzschätzen.

Auch die Fehler im Distanzschätzen sind eine derartige Streuungsursache.

Beträgt z. B. der 50procentige Fehler im Distanzschätzen bei 500 M. Zielweite + 10% der Zielweite d. h. $\pm$ 50 M., so werden (die übrige Streuung = 0 gesetzt), 50% aller Schüsse in der Höhe des Zielpunctes zwischen 450 M. und 500 M. treffen.

Reducirt man diese wagrechten Dimensionen mittelst der Einfallwinkel (nach Siegfried) oder, was jedenfalls exacter ist, durch Berechnung der Bahnordinaten auf senkrechte, so erhält man den 50procentigen verticalen Zielstreifendurchmesser für die durch den Fehler im Distanzschätzen verursachte Streuung.

Nach Hauptformel D mit der bereits bekannten Streuung beim freihändigen Schiessen combinirt, erhält man den 50pro-

centigen Zielstreifendurchmesser für die Gesammtstreuung, mit der man dann die Trefferprocente in beliebigen Zielflächen berechnen kann z. B.

6) Gegeben: Zielweite 500 M. aptirtes Zündnadelgewehr 50%ger Distanzschätzfehler = ± 10% der Zielweite d. h. die bessere Hälfte der Schützen schätzt die Distanz zwischen 450 M. und 550 M., die schlechtere Hälfte macht grössere Distanzschätzfehler;

$z''_{0,5}$ = vertic. 50%ger Zielstreifendurchmesser = 2,2 Meter,
$z'_{0,5}$ = horiz. „ „ „ = 2,12 Meter.

Die Bahn von 550 M. liegt auf 500 Meter:

$$x = 500 \sin (\alpha_{5,5} - \alpha_5) = 500 \sin 14'$$
$$= 2{,}07 \text{ M. über dem Zielpunct;}$$

der 50procentige verticale Zielstreifendurchmesser in Folge des Distanzschätzfehlers beträgt also:

$z''_{0,5} = 2 \cdot 2{,}07$ M. = 4,14 Meter*

und es ist jetzt:

$$z''_{05'} = \sqrt{4{,}14^2 + 2{,}2^2} = \sqrt{21{,}986} = 4{,}689 = 4{,}69 \text{ Meter.}$$

$z'_{0,5} = 2{,}12$ Meter.

Gesucht: Die Trefferprocente, welche in die Mannsbreitescheibe (1,8 M. Höhe, 0,4 M. Breite) fallen.

Nach Präcisions-Formel 1 ist

1) für die Höhenstreuung:

$$Z = \frac{z''}{z''_{0,5}};$$

es ist aber

$$z'' = 1{,}8 \text{ Meter}$$

und

$$z''_{0,5} = 4{,}69 \text{ Meter,}$$

also

$$Z = \frac{1{,}8}{4{,}69} = 0{,}383;$$

---

* Nach Siegfried mittelst der Einfallwinkel erhält man
$2 \cdot 1{,}946 = 3{,}892$ M.

hierzu findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes:

$$p'' = 22{,}36 \text{ Procent Treffer;}$$

2) für die Seitenstreuung:

$$Z = \frac{z'}{z'_{0,5}};$$

es ist aber

$$z' = 0{,}4 \text{ Meter}$$

und

$$z'_{0,5} = 2{,}12 \text{ Meter,}$$

also

$$Z = \frac{0{,}4}{2{,}12} = 0{,}188;$$

hierzu findet man in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes:

$$p' = 11{,}28 \text{ Procent Treffer.}$$

Nach Hauptformel B kommen also auf die Scheibe

$$P = p'' \,.\, p' = 0{,}2236 \,.\, 0{,}1128 = 0{,}252 = 2{,}52 \text{ Procent Treffer.}$$

Mit aufgelegter Waffe hatte man auf dieselbe Schussweite und Scheibe erhalten (Beispiel 4 S. 129):

$$P = 24{,}27 \text{ Procent Treffer,}$$

daher ist die Abnahme in Folge des Fehlers im Abkommen des Schützen und des Distanzschätzfehlers:

$$24{,}27 - 2{,}52 = 21{,}75 \text{ Procent Treffer.}$$

Wir entnehmen Siegfrieds Schiesstheorie S. 127 folgende Tabelle:

Denjenigen Lesern, welche viel mit Zahlen zu rechnen haben, ist ein sehr praktisches Instrument zu empfehlen:

„Webers Rechenkreis“, zu beziehen bei Julius Springer, Verlagshandlung Monbijou-Platz 3 in Berlin für 10 Mark.

Dem Instrument ist eine ausführliche Gebrauchsanweisung beigegeben.

Das Rechnen mit Hülfe des Rechenkreises nimmt kaum die Hälfte der Zeit des Rechnens mit Logarithmen in Anspruch.

Abnahme der Trefferprocente in Folge der Distanzschätzfehler.

Schiessen der Scharfschützen mit Peabodygewehr, Zielfläche die Infanteriefront:

1,8 M. hoch, von unbegrenzter Breitenausdehnung.

Supponirte 50proc. Distanzfehler	Trefferprocente auf		Bemerkungen.
	300 M.	600 M.	
0 oder auf abgemessener Distanz	79	58	Resultat des Jahres 1868, aus den Scheiben 1,8·1,8 abgeleitet.
1% der Distanz	79	56	
1,5% „ „	79	55	
2,5% „ „	78	43	
5% „ „	75	34	
10% „ „	66	20	
15% „ „	56	13	

11. Die bestrichenen Räume der Streuungsgarbe.

Nach Präcisions-Formel 2

$$z_{0,n} = Z_{0,n} \cdot z_{0,5}$$

kann man die einer beliebigen Anzahl (0,n) Procenten entsprechenden Zielstreifendurchmesser $z_{0,n}$ berechnen wenn der 50procentige

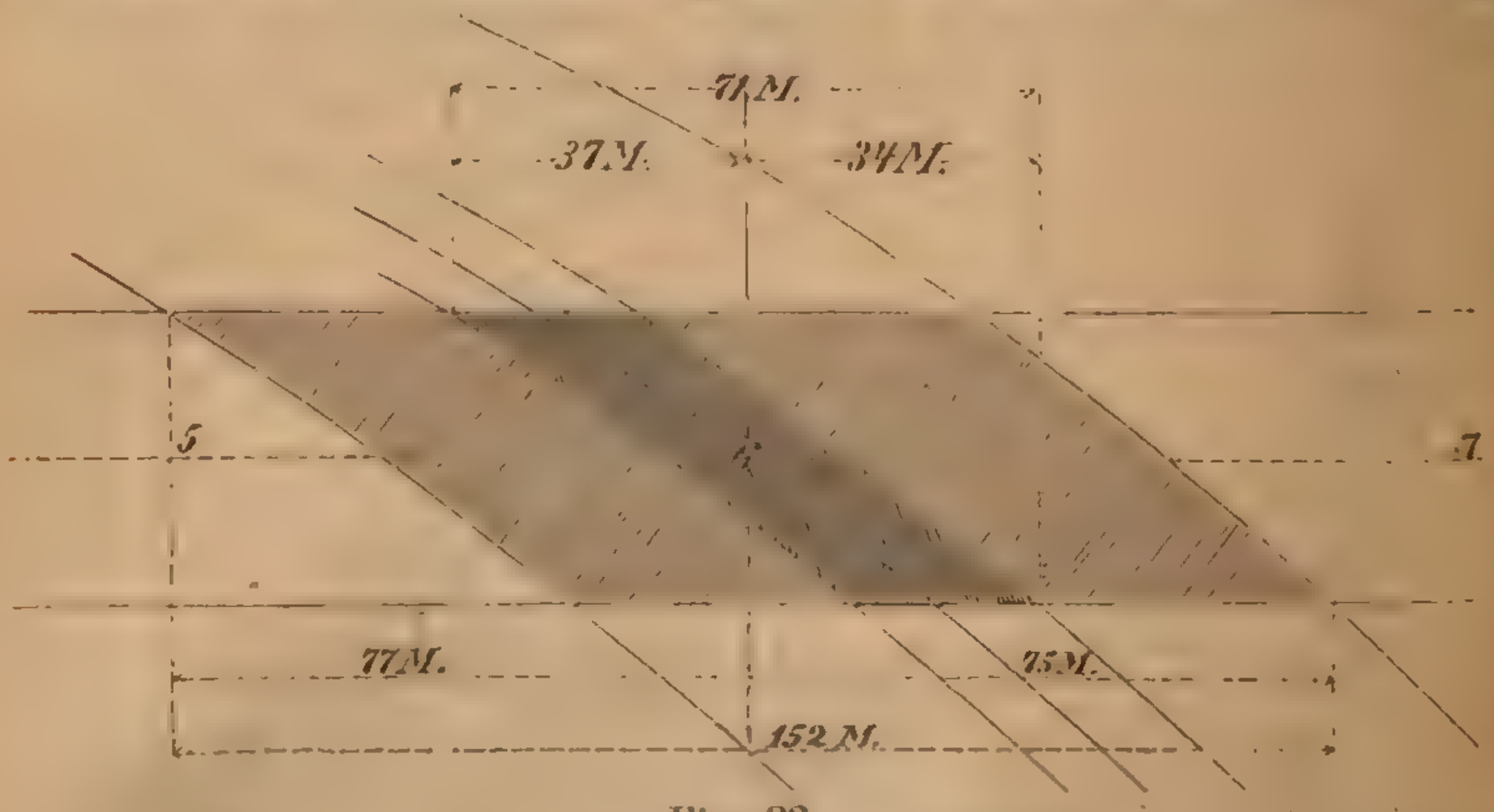


Fig. 33.

Die bestrichenen Räume der Streuungsgarbe der schweizerischen Waffen für 600 M.

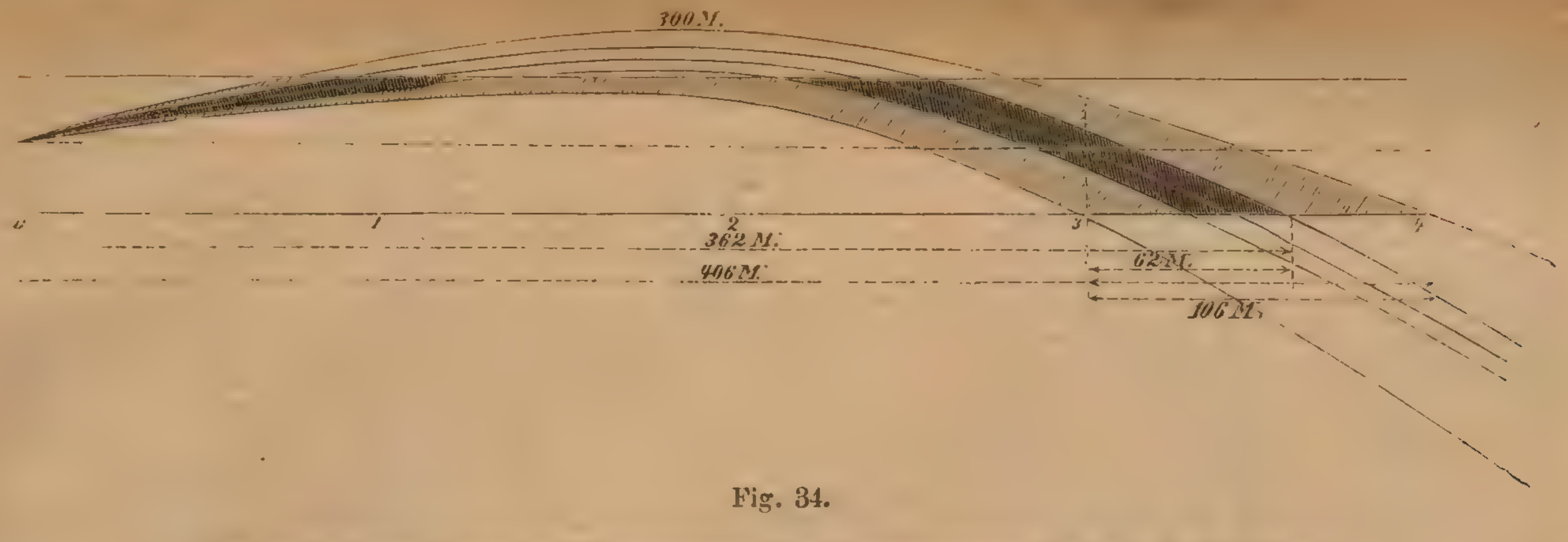


Fig. 34.

Die bestrichenen Räume der Streuungsgarbe der schweizerischen Waffen für 300 Meter.

Zielstreifendurchmesser bekannt ist. (Selbstverständlich muss man zunächst das den 0,n Procenten Treffer entsprechende $Z_{0,n}$ in der Tabelle des allgemeinen Trefferbildes aufsuchen.)

Wird diese Rechnung für die verschiedenen Zwischendistanzen ausgeführt, wie im Beispiel 3 Seite 125 und trägt die so ermittelten Zielstreifendurchmesser für z. B. 25, 50, 75, 99 Procent Treffer auf die Ordinaten der normalen (mittleren) Flugbahn (diese als Mittelpunct) auf und verbindet die der gleichen Anzahl Procente entsprechenden Puncte durch eine Curve, so erhält man eine graphische Darstellung des Längenschnittes der Streuungsgarbe.

Zieht man dann in der Treffobjectshöhe (1,8 M. für Infanterie) eine Parallele mit dem Horizont, so hat man ein Bild des bestrichenen Raumes der Streuungsgarbe und kann zugleich auf dem

Horizonte die Längenstreuung für die bezüglichen Procente der Schüsse ablesen. (Fig. 33 und 34). Sgfrd. Sch.-Th. Tafel II. S. 129.

Selbstverständlich muss man für die Höhen einen grösseren Massstab wählen, als für die Längen. —

Fig. 1 der angehängten Tafel stellt die Flugbahn des Deutschen Infanteriegewehrs M/71 auf der Schussweite von 1200 Meter dar und zwar zur vergleichenden Unterscheidung der in Fig. 2 mit grösserem Höhenmassstab dargestellten Bahn, in gleichem Massstab der Höhen und Längen von 1 : 2000.

Fig. 2 der Tafel giebt einen Verticalschnitt der Streuungsgarbe* beim freihändigen Schiessen bis zu 1200 Meter. In demselben sind eingetragen:

1) die mittlere Flugbahn,

2) die obere und untere Begrenzungslinie

des 50 } procentigen } bei gutem Schiessen;
des 99 } Ziel- }
des 99 } streifens bei mittelmässigem Schiessen.

* Die Streuungsmasse des deutschen Gewehrs M/71 sind

1) bei gutem Schiessen.

(Schiessen guter Schützen unter normalen Umständen.)

auf	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200 Meter.
$z''_{0,5}$	0,335	0,448	0,562	0,685	0,811	0,952	1,116	1,3	1,512	1,74
$z'_{0,5}$	0,323			0,656			1,034			1,459

2) bei mittelmässigem Schiessen.

(Schiessen mittelmässiger Schützen unter normalen Umständen, oder guter Schützen unter ungünstigen Verhältnissen, z. B. wechselnder Witterung etc.)

auf	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200 Meter.
$z''_{0,5}$	0,618	0,83	1,01	1,245	1,46	1,69	1,94	2,19	2,445	2,71
$z'_{0,5}$	0,612			1,229			1,87			2,54

Um die ballistischen oder Präcisions-Daten für die Zwischendistanzen aus dieser Figur abzulesen, sind, wie dies für 600 und 900 M. geschehen, die Visirlinien für diese Zwischendistanzen zu ziehen. Alle Höhendimensionen werden auf den verticalen, die Längendimensionen auf den horizontalen Linien abgelesen.

Will man z. B. wissen, wie hoch sich das Geschoss auf 400 Meter über die horizontale Visirlinie erhebt, wenn auf 600 Meter geschossen wird, so findet man in Fig. 2 dieses Mass mn = 4,5 Meter, während die Rechnung 4,579 Meter gibt, welche Differenz durch die Ungenauigkeit der Zeichnung in Folge des kleinen Massstabes entsteht.

Nach Figur 2 ist nemlich,

$$\frac{mo}{op} = \frac{mo}{400} = tg\ (\alpha_{12} - \alpha_4)$$

und

$$\frac{no}{op} = \frac{no}{400} = tg\ (\alpha_{12} - \alpha_6)$$

daher

$$mo = 400\ tg\ (\alpha_{12} - \alpha_4)$$

und

$$no = 400\ tg\ (\alpha_{12} - \alpha_6)$$

folglich

$$mn = mo - no = 400\ [tg\ (\alpha_{12} - \alpha_4) - tg\ (\alpha_4 - \alpha_6)] = y_4$$

d. i. = der Flugbahnordinate der Bahn von 600 Meter auf 400 Meter. Bei den kleinen Winkeln können ohne wesentlichen Fehler die tg mit den sin und die Differenzen der Sinus mit dem Sinus der Differenzen der Winkel vertauscht werden; es ist daher

$$mn = y_4 = 400\ \sin\ [(\alpha_{12} - \alpha_4) - (\alpha_{12} - \alpha_6)]$$

oder

$$= 400\ \sin\ (\alpha_{12} - \alpha_4 - \alpha_{12} + \alpha_6)$$

daher endlich

$$y_4 = 400\ \sin\ (\alpha_6 - \alpha_4)$$ wie oben nach Formel 8.

Die Ordinaten der Flugbahn der einzelnen Schussweiten auf den Zwischendistanzen können daher auch graphisch aus der Flugbahn einer der grösseren Entfernungen, wie hier z. B. von 1200 Meter, sehr einfach und mit hinreichender Genauigkeit für die Zwecke der Praxis bestimmt werden.

Die Flugbahn der gewählten grösseren Schussweite ist in grossem Massstabe darzustellen, die Visirlinien der einzelnen in Frage stehenden Distanzen zu ziehen und einfach auf den Zwischenordinaten der gezeichneten Bahn die Grösse derselben über der entsprechenden Visirlinie bis zur Curve, als Flugbahnordinate der Zwischendistanz für die Bahn, für welche die Visirlinie, wie im obigen Beispiele für 600 Meter, gezogen wurde, abzulesen.

In derselben Weise ergeben sich für alle Schussweiten z. B. 437 M., 873 M. u. s. w., die Erhebungen der Flugbahn auf allen Zwischendistanzen, wenn man eben die den Schussweiten 437, 873 M. entsprechenden Visirlinien zieht und wie oben verfährt.

Werden in derselben Weise noch die der Manns- oder Reiter-Höhe und dem Horizont entsprechenden Linien eingezeichnet, so lassen sich auch die bestrichenen Räume, Längen der Aufschlagbilder etc., in der Figur ablesen.

Figur 3 derselben Tafel stellt die Horizontalprojection der Streuungsgarbe dar, (die Längen in 1: 2000, die Breiten in 1: 100).

Figur 4, 5, 6 und 7 sind Querschnitte der Streuungsgarbe auf 300, 600, 900 und 1200 M. in 1: 100. Dieselben sind in 100 „aequivalente Treffflächen“ (Rechtecke) mit je ein Procent Treffer eingetheilt. Das Verfahren besteht einfach darin, dass man die horizontalen und verticalen Zielstreifen mit 20, 40, 60, 80 und 100 (beziehungsweise 99) Procent aller Treffer von den horizontalen und verticalen Achsen des Trefferbildes aus je zur Hälfte über und unter resp. rechts und links derselben einzeichnet.

Hierdurch wird das Trefferbild in je 5 horizontale Streifen über und unter der horizontalen Achse des Bildes und in je 5 verticale Streifen rechts und links der verticalen Achse, also im Ganzen in 10 horizontale und 10 verticale Streifen mit je 10

Procent Treffer getheilt, welche sich nach Hauptformel B, Seite 127

$$P = p'' : p'$$

in 100 Rechtecken schneiden, von welchen jedes ein Procent Treffer enthält.

Die Einführung dieses hiermit zum erstenmale zur allgemeinen Anwendung vorgeschlagenen Verfahrens der Eintheilung der Scheibenbilder in aequivalente einprocentige Rechtecke dürfte das einfachste Mittel sein, klare Anschauungen über die Vertheilung der Treffer in den Scheibenbildern zu verbreiten.

Auch praktisch lässt sich dieses Verfahren vielfach verwerthen. Zeichnet man z. B. auf Pauspapier beliebige Scheiben (selbstverständlich in demselben Massstab, in welchem das in aequivalente Rechtecke eingetheilte Trefferbild dargestellt ist) und legt sie auf das Bild, so sind die in der Scheibe zu erwartenden Treffer nur einfach abzuzählen. Je nachdem man die Mitte, den unteren oder den oberen Rand der Scheibe mit der Mitte des Trefferbildes zusammenfallen lässt, ergeben sich die Treffer für „Zielpunct in der Mitte“, „Zielpunct im unteren“ oder „Zielpunct im oberen Rande der Scheibe“. — In analoger Weise lassen sich die Treffer abzählen, wenn die Entfernung des Zieles nicht mit dem gewählten Visire übereinstimmt. Schiesst man z. B. mit dem deutschen Gewehr M/71 auf 600 Meter mit dem Visire von 550 Meter, Zielpunct Mitte der Scheibe, so liegt die mittlere Bahn, also die Mitte des Trefferbildes von 600 Meter circa 1,8 Meter* unter der Visirlinie, oder der Mitte der Scheibe; legt man daher die Mitte der Pause (Scheibe) 1,8 Meter über die Mitte des Trefferbildes von 600 Meter, so kann man sofort die Trefferprocente auf der Pause ablesen. Es ergeben sich z. B. bei „gutem“ Schiessen und einer Scheibenhöhe 2 von Meter:

Bei einer Scheibenbreite von Meter	0,4	1	1,8	3	6
Procent-Treffer	4	8	12	16	20

* Aus Fig. 2 Tafel II abzugreifen, nachdem man die Visirlinie für 550 Meter gezogen.

Tabelle des allgemeinen Trefferbildes von Siegfried.*

Z	p	Z	p	Z	p
0,0	0,000	1,6	0,693	3,1	0,927
0,1	0,060	1,7	0,717	3,2	0,935
0,2	0,120	1,8	0,741	3,3	0,943
0,3	0,178	1,9	0,762	3,4	0,950
0,4	0,233	2,0	0,784	3,5	0,955
0,5	0,283	2,1	0,802	3,6	0,960
0,6	0,332	2,2	0,820	3,7	0,965
0,7	0,378	2,3	0,836	3,8	0,969
0,8	0,420	2,4	0,851	3,9	0,973
0,9	0,462	2,5	0,865	4,0	0,976
1,0	0,500	2,6	0,877	4,1	0,980
1,1	0,538	2,7	0,889	4,2	0,982
1,2	0,576	2,8	0,901	4,3	0,985
1,3	0,609	2,9	0,911	4,4	0,987
1,4	0,639	3,0	0,919	4,5	0,990
1,5	0,667				

C. Die Percussion.

Die Tiefen des Eindringens in ein Hinderniss von homogener Beschaffenheit müssen sich, theoretisch betrachtet, für ein und dasselbe Geschoss auf den verschiedenen Distanzen, wie die Quadrate der Endgeschwindigkeiten verhalten, also bei graphischer Darstellung, erheblich steil abfallende Curven bilden.

Bei der Percussion auf Holz (dicht aufeinander genagelte frische Tannen- oder Fichtenbretter) findet sich indessen ein solches Verhältniss nicht.

---

* Es wurde versäumt die Tabelle vor dem letzten Absatz S. 122 einzuschalten Die in den Beispielen S. 124 etc. angezogenen Trefferprocente des allgemeinen Trefferbildes beziehen sich auf vorstehende Tabelle.

In der nachstehenden Tabelle ist alles zugängliche Material über diesen Gegenstand mit Sorgfalt zusammengestellt und möglichst zwanglos geordnet.

Entfernung in Meter	75	150	225	300	375	450	525	600	675	750	825	900	975	1050	
I. 17 bis 18 gr. schwere Geschosse des Kalibers 10 mm.	16,40	15,30	14,25	13,25	12,30	11,40	10,55	9,75	9,00	8,30	7,65	7,05	6,50	6,00	cm. Tannenholz.
II. 28 bis 30 gr. schwere Geschosse des Kalibers 13,5 mm.	18,60	17,40	16,35	15,25	14,20	13,20	10,35	11,35	10,50	9,70	8,95	8,25	7,60	7,00	
III. Für I und II kann angenommen werden	17,00	15,90	14,85	13,85	12,90	12,00	11,15	10,35	9,60	8,90	8,25	7,65	7,10	6,60	
Abgerundet	17	16	15	14	13	12	11	10	10	9	8	8	7	7	
IV. 28 gr. schwere Geschosse von Hartblei des Kalibers 13,5 mm.	25 bis 30	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8 bis 10		

Die in III enthaltenen abgerundeten Zahlen geben ungefähr an, was man von einer guten Kriegswaffe zu verlangen hat. Die Unterschiede von I und II sind durchaus nicht bedeutend und bei manchen Versuchen entweder gar nicht oder selbst im entgegengesetzten Sinne constatirt.

IV zeigt, wenigstens in einigen Zahlen, die bedeutende Steigerung der Percussion, welche durch Härten des Blei's (Zusatz von 3 bis 5 Procent Antimon) erreicht werden kann.

Wenn die Angaben der vorstehenden Tabelle den Quadraten der Endgeschwindigkeiten entsprächen, so müssten z. B. die Geshosse kleinen Kalibers, welche auf 750 Meter noch 8,3 cm.

durchschlagen, auf 300 Meter eine Percussionsleistung von 15 bis 16 cm., auf 150 Meter von 21 bis 22 cm. darbieten (statt 13 resp. 16,4).

Die Ursache dieser Abweichung liegt einfach in der Beschaffenheit des üblichen Objects. Die Splitter und Fragmente des Holzes bilden die mechanischen Hindernisse, und dieser Widerstand steigert sich mit der Tiefe des Eindringens, so dass hauptsächlich die Leistungen auf den näheren Distanzen dadurch vermindert werden.

Zu II ist zu bemerken, dass einige Versuche mit cannelirten Spiegelgeschossen des Kalibers 13,5 mm. etwas geringere Ergebnisse geliefert haben, so dass schliesslich die Vereinigung von I und II in III hinlänglich motivirt werden kann. (Siehe v. Pl. u. Wgd. D. G. S. 77 u. s. w.).

Einige weitere hierher gehörige Resultate, theilweise neuerer Versuche, auch auf grösseren Entfernungen, sind folgende:

Die Geschosse des bayerischen Werder-Gewehrs vom Kaliber 11 mm. und 21,96 gr. (geprägt, 21,67 gegossen) haben Bretter aus Föhrenholz von 2,5 cm. Stärke, in Abständen von 60 cm. hintereinander aufgestellt, in nachfolgender Anzahl durchdrungen; auf:

200	400	600	800	1000 Schritt zu 0,7296 M.
6,70	5,20	4,50	3,55	3,50 Stück, also
16,75	13,0	11,25	8,875	8,75 cm. Eindringungstiefe.

Andere Geschosse des Kalibers 11 mm. (25 gr. mit 5 gr. Ladung) haben auf

300	900	1600	2000 Meter
5,5 bis 6	3,5	1,5	0,5 bis 1 Stück 2,6 cm. dicke.

in Abständen von 0,3 Meter aufgestellte Fichtenbretter durchschlagen, repräsentiren also Eindringungstiefen von

15,6	9,1	3,9	2,6 cm.

Das niederländische Beaumontgewehr des Kalibers 11 mm. ergab die nachstehenden Resultate in dicht verbundene Bretter:

Entfernung in Schritt zu 75 cm.	Eindringungstiefen in cm. in Bretter von Fichtenholz von 2,5 cm. Stärke.	Eichenholz von 8 cm. Stärke.
100	12,5	7 bis 7,5
200	12,5	7 „ 7,5
300	12,5	7,5 „ 8,0
400	19,5	4,0 „ 4,5
500	19,0	3,0 „ 4,5
600	7 bis 13	3,5
700	6,5 bis 8,5	2,5
800	8,5	0,5
900	8,0	1,0 bis 3,0
1000		
1100	7	
2000	2,5	

NB Die Unregelmässigkeiten dieser Ergebnisse schreibt man den Astknorren zu

Die Geschosse des österreichischen Werndl-Gewehrs von 11,36 mm. Kaliber und 20,28 gr. Gewicht durchschlugen auf den Distanzen

200	400	600	800	1000	1300 Schritt
8,0	6,4	5,5	4,7	3,7	3,0

in Abständen von 15,828 cm. hintereinander aufgestellte 2,638 cm. starke Tannenbretter, repräsentiren also eine Eindringungstiefe von

21,1	16,9	14,5	12,4	9,8	7,9 cm.

(S. Kropatschek, das Werndl-Gewehr S. 116).

Mit Geschossen von 11,5 bis 11,7 cm. bei einem Gewicht von 20 bis 24 gr. wurden bei Versuchen in Holland, der Schweiz etc. erreicht auf:

450 Meter Abstand: 11,28 cm. auf Bretter mit Zwischenräumen;

600 Meter: 11,7 bis 15 cm. auf dicht verbundene Bretter,

750 Meter: 6,15 cm. auf Bretter mit Zwischenräumen.

Mit Geschossen von 12,5 bis 12,6 mm. Kaliber und 23 bis 27 gr. Gewicht wurden bei verschiedenen Gelegenheiten folgende Leistungen constatirt auf:

450 Meter Abstand: 11,52 cm. auf Bretter mit Zwischenräumen;

600 Meter: 12,4 cm. auf dicht verbundene Bretter;

750 Meter: 6,15 cm. auf Bretter mit Zwischenräumen.

Die Expansionsgeschosse für das Snider-Gewehr von Boxer aus Weichblei (12,7 mm. Kaliber) und dasjenige mit Holzstift (14,55 mm. Kaliber und 31,1 gr. Gewicht) durchschlugen auf 50 Yards noch nicht zwei trockene Fichtenbalken, von je 7,6 cm. Stärke.

Mit Geschossen von 13,4 mm. Kaliber und 27 bis 28 gr. Gewicht von Sauerbrey wurden auf 600 Meter Abstand, die Percussionsgrössen von 9,1 bis 12,3 cm. für das dichte Hinderniss erzielt.

Man ersieht hinlänglich aus den vorstehenden Notizen, dass auch diese mittleren Kaliber nicht wesentlich von den unter I bis III der Tabelle gelieferten Angaben abweichen, dass also im Allgemeinen bei der Wahl eines Rohrkalibers innerhalb dieser Grenzen von 10.5 bis 14,7 mm. eine wesentliche Verschiedenheit der Percussionsleistung gar nicht in Betracht kommt. es sei denn, dass man für irgend eines dieser Kaliber Geschosse von ungewöhnlicher Länge construiren oder die üblichen Projectile mit ungewöhnlich verstärkter Ladung abschiessen würde, wie die Hartbleigeschosse mit 8,3 Procent Zinnlegirung von Henry für das englische Henry-Martini-Gewehr. Die Geschosse vom Kaliber 11,43 mm. und dem Gewicht von 31.1 gr. haben die bedeutendste Länge aller Ordonnanzgeschosse: 32,258 mm. oder 2,82 Kaliber* und werden mit der stärksten aller üblichen Ladungen von 5,5 gr. Pulver geschossen.

---

* Im 2. Theil S. 41 sind beide Zahlen irrthümlich zu 31,1 und 2,72 angegeben.

Auf: 50 Yards = 45,7 Meter durchschlug das Henry-Geschoss drei trockene Fichtenbalken von je 7.62 cm. Stärke, also 22,86 cm. Holzstärke; auf 100 Yards = 91,438 Meter durchdrang es sogar noch einen vierten Balken, mithin 30,48 cm. Holzstärke. —

Wenn man die Percussion gegen Schmiedeeisen und Stahl in Betracht zieht, so tritt wieder die grosse Ueberlegenheit des gehärteten Blei's in den Vordergrund.

Ein aus diesem Material erzeugtes nur 26,3 gr. schweres Projectil (mit 4 Procent Antimon) durchschlug noch auf 900 M. mit 0,9 aller Schüsse eine 2,5 mm. dicke Platte von gewalztem Schmiedeeisen und eine mit 2,6 cm. Abstand dahinter befindliche 2,5 cm. dicke Holzscheibe. Dasselbe Geschoss durchdrang auf 21 Meter einen aus Stahlblech gefertigten doppelten Kürass der schweren russischen Garde-Reiterei, Brust- und Rückenschild. — (v. Pl. u. Wgd. D. G. S. 80).

Das englische Henry-Geschoss durchschlug eine 6,63 mm. dicke Eisenplatte auf 200 Yards, auf 300 Yards nicht mehr, während das Boxergeschoss von 14,7 mm. Kaliber, diese auf 75, aber nicht mehr auf 100 Yards, das Boxergeschoss von 12,7 mm. auf 100, aber nicht mehr auf 150 Yards bewältigte.

Von 300 Yards an zeigten sich gegen die beiden letzteren Geschosse Eisenplatten von 3,18 mm. schussfest, während dies für das Henry-Geschoss noch bis 500 Yards = 457,19 Meter nicht der Fall war. (Military breech-loading rifles by Captain Majendie und Captain Browne. Woolwich 1869).

Jone's Eisenband-Schanzkorb zeigte sich gegen alle Geschosse sicher.

Bei einem andern Versuch ergab das Henry-Geschoss beim Schiessen gegen 7 mm. starke Eisenbleche auf der Distanz von

50 Meter 11 bis 12 mm. Eindringungstiefe,
100 „ 10 „ 11 „ „ „ „
150 „ 8 „ 9 „ „ „ „

gegen solche von 10 mm. Stärke auf

50 Meter 3 bis 4 mm. Eindringungstiefe,
100 „ 2 „ 3 „ „ „ „

Uebrigens ist auch die Leistung der Weichbleigeschosse sehr bedeutend. 28 gr. schwere, äusserlich glatte Expansionsgeschosse von 13,5 mm. durchdrangen die oben bezeichnete 2,5 mm. dicke Platte von Schmiedeeisen noch regelmässig auf 600 Meter und auf 900 Meter wenigstens noch mit 0,4 aller Schüsse.

Geschosse des Kalibers 11 mm. aus verschiedenen Ordonnanzmodellen constatirten gegen 7 mm. starke Eisenbleche auf:

50 Meter: 10 bis 11 mm. tiefe Eindrücke oder Ausbauchungen,
100 „ 7 „ 8 „ „ „ „ „ „
150 „ 5 „ 8 selbst 10 mm. „ „ „ „

gegen solche von 10 mm. Stärke auf

50 Meter 3 bis 4 mm. Eindringungstiefe

nur für einzelne Waffen; die meisten erreichten messbare Grössen nicht.

Bei Versuchen mit dem Werndl-Gewehr (4,015 Ladung und 20,28 gr. Weichblei) im Jahr 1872 erzeugten 4 isolirte Treffer 7 mm. tiefe Eindrücke in Stahlblechplatten von 5.2 mm. Stärke, 950 mm. Höhe und 630 mm. Breite.

Mit dem verbesserten Werndl-Gewehr M/1873 (5,0 gr. Ladung und 23,09 gr. Hartblei) konnten auf etwa 150 M. von mehreren nebeneinandersitzenden Treffern gegen die erwähnte Platte nur tiefe Eindrücke, aber kein Durchschlag erzeugt werden; was erst auf 75 M. vier nahe nebeneinanderliegende Treffer vermochten. Auf 37 M. durchschlugen schon 2 etwa 15 mm. entfernte Treffer jene Platte und erzeugten grosse Sprünge. —

Auf Anregung des k. k. Oesterreichischen Feldmarschall-Lieutenants, Freiherrn von Gallina, wurden Versuche über den Werth von Schneebrustwehren angestellt und die Dicke der Schneelagen, welche den Geschossen der Handfeuerwaffen und der Geschütze Widerstand leisten, ermittelt. Die Eindringungstiefen in festgetretenen Schnee betrugen bei dem Werndl-Geschoss auf 300 und 500 Schritt (327,5 und 379 M.) 1,1 resp. 0,8 Meter. Artilleriegeschosse ergaben 4 Meter Eindringungstiefe und eine Sprengwirkung auf 2,2 Meter. (Schussweiten sind

nicht angegeben.) Die Stärke der Brustwehren müssten daher mit Beachtung der nöthigen Sicherheit 1,5 resp. 8,25 Meter betragen. (Streffleur's Oesterreichische militärische Zeitschrift. 1876. 1. Heft. S. 93.) —

Gegen den Cadaver eines getödteten Pferdes verursachte das Henry-Geschoss die schärfsten und gefährlichsten Knochenzersplitterungen; die beiden mehrerwähnten Geschosse Boxer's für das Versuchsgewehr des grösseren Kalibers von Snider schlugen sich leicht platt und folgten den Knochen entlang. —

Dass die maximale Tragweite der neueren Gewehre sich auf 2200 bis 2800 Meter ausdehnt und dass ihre Geschosse selbst noch auf diese Entfernung zum grossen Theil die Fähigkeit besitzen einen Menschen schwer zu beschädigen, ist aus v. Pl. N. St. II hinlänglich bekannt, auch bei den neuesten Ordonnanzwaffen in sehr befriedigender Weise constatirt und erklärt sich eben durch die immer langsamere Abnahme der fortschreitenden Bewegung.

III. Beiträge zur Praxis des Schiessens.*

1. Die Bestimmung der Visir-Höhen und Winkel durch die Beschiessung.

Die Bestimmung der Visirhöhen wird, wie vorn erwähnt, bei den Kriegswaffen nach der gleichen Eintheilung für die ganze Bewaffnung ausgeführt. Daraus ergibt sich die Wichtigkeit die wirklichen Mittelwerthe derselben aufzufinden, damit die Wahrscheinlichkeit des Treffens in Bezug auf die ganze Bewaffnung die grösstmögliche werde. Diese Mittelwerthe erhält man nur aus der Beobachtung einer sehr grossen Anzahl Schüsse, bei welchen die verschiedenen unvermeidlichen oder überhaupt berechtigten Einflüsse stattfinden konnten.

---

* Der nachstehende Abschnitt III. verbindet ad 1, 2 und 3 die Ansichten und Verfahrungsweisen Bylandt's und Siegfried's zur Ermittelung der Visirhöhen etc.

Um den Verschiedenheiten der einzelnen Gewehre, welche unter gleichen Umständen das eine constant höher, das andere tiefer schiesst, die gehörige Rücksicht zu tragen, sind bei den Schiessversuchen eine grössere Anzahl Waffen — etwa 10 — zur Verwendung zu bringen.

Wird bei der ganzen Armirung eines Heeres durch Annahme einer veränderten Construction der Waffe, wie z. B. seiner Zeit bei der Transformirung der Vorderlader in Hinterlader oder der Annahme einer veränderten Munition, wie z. B. seiner Zeit bei der Aptirung des preussischen Zündnadelgewehrs durch Einführung des erleichterten Langbleis, oder endlich in neuester Zeit bei der Aptirung des Chassepotkarabiners, des bayerischen Werdergewehres M/1869 für die Patrone M/1871 — eine andere Visirung erforderlich, so ist der Einfluss der Kaliberweiterung der im Gebrauch befindlichen Waffen auf die Visirhöhen dadurch zu berücksichtigen, dass unter jenen Gewehren solche mit dem Minimal-, dem Normal- und dem Maximal-Kaliber, also alle vorschriftsmässig gestatteten Kaliberstufen, vertreten sind.

Die Einwirkungen, welche vom Zustande der Atmosphäre (Dichte, Feuchtigkeit, Wind etc.), den verschiedenen Beleuchtungen, den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten während der Schiessversuche herrühren, verursachen Schwankungen der Visirhöhen. Die Beschiessung wird daher, wenn thunlich, am geeignetsten in der besseren Jahreszeit vorgenommen und für das Schiessen im Winter eine Correctur zur Vergrösserung der Visirhöhen für die weiteren Schussdistanzen anzuwenden sein.

Mit allen Waffen werden nun, um eine hinreichend sichere Basis für die ersten Glieder der zu ermittelnden Visir-Höhen- oder Winkel-Reihe zu erhalten, mehrere der nächsten und dann nur einzelne der mittleren und der weitesten Entfernungen, also etwa

200, 400, 600, 800, 1200 und 1600 Meter

oder etwa

200, 400, — 800, 1200 und 1600 Meter

beschossen, indem die Interpolation der Visirhöhen für die zwischenliegenden Meterhunderte mit der grössten Sicherheit erfolgt und zugleich eine Ersparniss an Zeit und Munition erzielt wird.

Auf jeder der nächsten Distanzen sind 30, auf jeder der mittleren und weiteren 50 bis 60 Schüsse für das einzelne Gewehr mindestens zu verwenden. (Bayard. B. S. 7, Sch.-Th. S. 7 etc.).

Sollten die vorgesehenen Schüsse aus irgend welchen Gründen ein der Distanz entsprechend genügend dicht gruppirtes Scheibenbild nicht ergeben, so sind für jedes Gewehr noch eine Anzahl Patronen weiter zu verwenden, um demnächst die Bestimmung des mittleren Treffpunctes mit hinreichender Sicherheit erfolgen zu lassen.

Die Munition für die Versuche muss möglichst gleichförmig für sämmtliche Patronen aus der gleichen Pulversorte, deren Eigenschaften denen des Normalpulvers am nächsten kommen, angefertigt werden.

Die Dimensionen der in Quadrate eingetheilten Scheiben werden so gewählt, dass auch auf den weiteren Distanzen der grösste Theil der Geschosse dieselbe treffen wird; also schliesslich durch Zusammenstellen mehrerer Scheiben, deren Grösse mit den Entfernungen wächst.

Für die nächsten Schussweiten, auf welchen der Abstand von Ziel- und Treffpunct noch nicht bedeutend ist, wird das Zielschwarze in der Mitte der Scheibe befestigt.

Die Verhältnisse des Schiessplatzes sind derartig vorausgesetzt, dass die Visirlinie ohne wesentlichen Fehler als horizontal angenommen werden kann. Der etwaige Fehler wird nicht grösser sein, als die Summe derjenigen, welche durch Nivellirung des Terrains und durch Ermittelung der Lauf-Elevation entstehen. (v. Byl. B. S. 352.)

Eine bestimmte event. durch einige Probeschüsse geprüfte Visirhöhe, welche das für die Waffe vorgesehene, noch nicht eingetheilte Visir, z. B. ein Treppen- und Leitervisir auf irgend einer Treppe ergibt oder eine auf der Leiter selbst deutlich markirte Visirhöhe wird für die nächsten Distanzen benützt. Ohne irgend welche Correctur dieser angenommenen Visirhöhe wird, unbekümmert um die Lage des Treffpunctes, mit stets gleichem Abkommen bei gestrichenem Korn (Abgleichen der oberen Kante des Einschnitts der Visirkimme mit der Kornspitze) der auf einen Sandsack, einen Schiesstisch oder einen Schiessbock aufgelegten Gewehre die betreffende Entfernung beschossen,

um Abweichungen zu vermeiden, die nicht in der Eigenthümlichkeit der Waffen begründet sind. Ohne dies Verfahren würden die Versuche eine viel bedeutendere Ausdehnung verlangen, um das Gesetzmässige aus den grösseren Unregelmässigkeiten herauszufinden.

Gelegentlich der eidgenössischen Schiessversuche (Sgfd. B. S. 12) fand eine Vergleichung der Visirhöhen beim Schiessen vom Bock und aus freier Hand statt; die Differenzen waren indessen unbedeutend, zeigten sich nicht entschieden in einer Richtung und erklären sich daher als zufällige.

Das Einspannen der Gewehre in Schiessböcke modificirt erfahrungsgemäss den Vibrationswinkel (s. u.) und erfordert gewöhnlich grössere Visirwinkel, als für die gleiche Distanz bei aufgelegtem Gewehr; es ist desshalb das Auflegen auf einen Sandsack oder einen Schiesstisch vorzuziehen. (v. Byl. B. S. 348 und 352).

Da unter Beibehaltung der ursprünglich für die ersten Distanzen gewählten Visirhöhe mit den wachsenden Entfernungen der Abstand von Ziel- und Treffpunct ebenfalls zunimmt, wird mit jenen das Zielschwarze höher, schliesslich am oberen Rande der Scheibe befestigt, um wiederum sämmtliche Geschosseinschläge oder doch mindestens den Kern der Streuungsgarbe auf derselben zu erhalten.

Erreicht endlich der Abstand vom Ziel- und Treffpunct Dimensionen, welche durch ein Höherhängen des Zielscheibchens nicht mehr ausgeglichen werden können, so muss, um imaginäre Zielpuncte durch höher halten etc. zu vermeiden, zu einer grösseren Visirhöhe, etwa durch die Wahl einer höheren oder der höchsten Treppe, oder durch Benutzung der Leiter, auf welcher die neu zu wählende, wieder durch einige Probeschüsse zu prüfende Visirhöhe scharf und deutlich sichtbar einzugraviren ist, geschritten und das Zielschwarze wieder in der Mitte der Schiess-Scheibe befestigt werden.

Auf jeder Entfernung ist das Scheibenbild Schuss für Schuss sorgfältig — womöglich stets der Mittelpunct des Geschosseinschlags abzumessen, auf einen Gitterbogen sofort einzuzeichnen und ausserdem noch in dem zu führenden Schiessprotokoll aufzunehmen. Für jedes beschossene Gewehr ist ein besonderes

Scheibenbild anzufertigen und ein besonderes Protokoll zu führen, wie sie in den betreffenden Dienst-Vorschriften vorgesehen sind.

Scheibenbild und Schiessprotokoll der verschiedenen Schussweiten ergeben hierbei zugleich die Grundlage zur demnächstigen Feststellung der Präcision der Waffe.

Die Fehlschüsse auf den grösseren Distanzen müssen auf dem Scheibenbild und im Schiessprotokoll nach den vier Hauptrichtungen so angegeben werden, dass demnächst eine sichere Bestimmung des mittleren Treffpunctes durch Abzählen erfolgen kann.

Um die wirklichen Visirhöhen für die einzelnen beschossenen Distanzen zu erhalten, sind nunmehr vorerst die verwendeten Visirhöhen zu corrigiren, zu welchem Zweck die Lage des mittleren Treffpunctes für jede Waffe auf dem betreffenden Scheibenbilde zu suchen ist. Zur Feststellung desselben wird auf dem Bilde, wie bereits erwähnt, ein Horizontalstrich so gezogen, dass die Hälfte der Geschosseinschläge darüber, die Hälfte darunter und gleichviel Treffer auf jeder Seite eines Verticalstriches liegen; der Durchschnitt gilt als mittlerer Treffpunct. Der senkrechte Abstand des Zielpunctes vom Horizontalstrich wird mit $+ \triangle y$ bezeichnet, je nach dessen Lage über oder unter dem Zielpunct.

Ergibt sich der mittlere Treffpunct T um die in Meter ausgedrückte Grösse y über der Horizontalen durch den Zielpunct Z (Fig. 35) auf der Distanz x bei der verwendeten Visirhöhe H, so ist diese nunmehr zu corrigiren.

Bedeutet l die Länge der Vergleichungslinie, den horizontalen Abstand von Visirkimme und Korn, so besteht, um den Treffpunct in die Höhe des Zielpuncts zu verlegen, also für die Correctur der Visirhöhe die Relation:

$$\triangle H : l = \triangle y : x$$

$$\triangle H = l \cdot \frac{\triangle y}{x} \text{ mm.,}$$

um welchen Betrag die angewendete Visirhöhe H zu vermindern resp. zu vermehren wäre, wenn der Treffpunct über resp. unter den Zielpunct fällt. (Sgfd. Sch-Th. S. 23 etc.).

Fig. 35.

Da bei den Gewehren die Parallele durch die Kornspitze (die Basis 1 des Visirdreiecks) um einige Millimeter über der Lauffläche beim Visir liegt, sind die von der Laufoberfläche aus gemessenen Visirhöhen H um eben diesen Betrag grösser, als die Höhe des Visirdreiecks, die man als Aufsatz mit h bezeichnet.

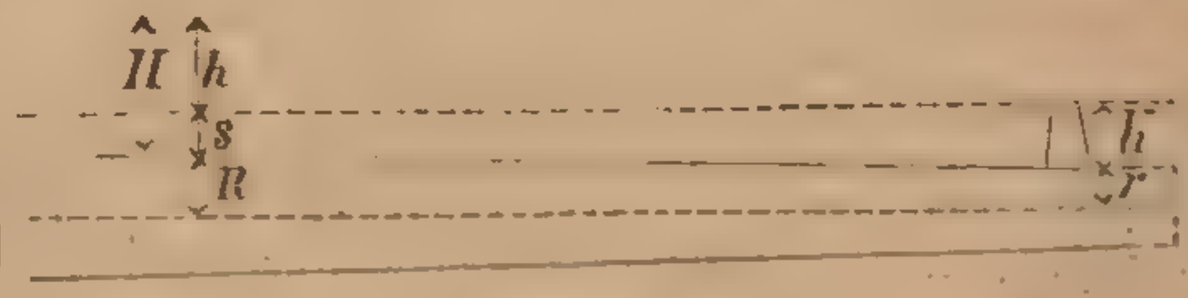


Fig. 36.

Mit der in Figur 36 gegebenen Bezeichnung ist demnach die erschossene und corrigirte Visirhöhe $H = h + s$ in dem erwähnten Sinne zu reduciren, so dass endlich der wirkliche, der Distanz entsprechende Aufsatz

$$h = H - s$$

oder da

$$s = k + r - R$$

sich zu

$$h = H - (k + r - R)$$

bestimmt. (Sgfrd. Sch. Th. S. 2.)

Meist werden Instrumente vorhanden sein, mit welchen man direct die senkrechten Abstände der Visirhöhen und der Kornspitze von der Seelenachse messen kann und ohne Reduction direct aus der Differenz dieser beiden Grössen sofort die wirklich verwendete Visirhöhe erhält, welche dann nur noch, wenn Ziel- und Treffpunct nicht zusammenliegen, der Correctur zu unterziehen wäre.

Sind die corrigirten und, wie eben erwähnt, reducirten Visirhöhen, also die Aufsätze h für alle beschossenen Distanzen bestimmt, so kann zur Berechnung des Visirwinkels α nach der Gleichung

$$\text{tg } \alpha = \frac{h}{l}$$

(Fig. 37) geschritten werden.

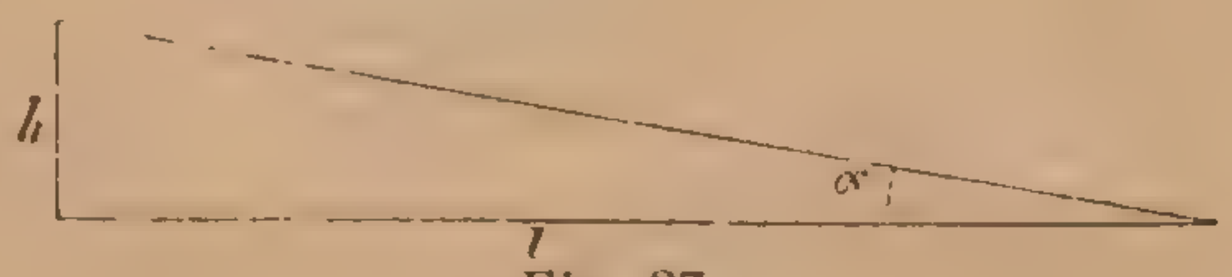


Fig. 37.

Die mittlere Visirhöhe für die Distanz 600 Meter betrage z. B. bei irgend einer Waffe 27,53 mm. Da die Visirhöhe H, diejenige über der Lauffläche und nicht über der Parallelen durch die Kornspitze bezeichnet, so ist vorerst die erforderliche Reduction der Visirhöhe vorzunehmen.

Die einschlägigen Abmessungen der Waffe seien:

$$R = 13{,}2 \text{ mm.}; \; r = 9{,}1 \text{ mm. und } k = 6{,}4 \text{ mm.},$$

daher der Betrag der Reduction

$$s = 6{,}4 + 9{,}1 - 13{,}2$$
$$= 2{,}3 \text{ mm.},$$

mithin die wirklich verwendete Visirhöhe

$$H = 27{,}53 - 2{,}3$$
$$= 25{,}23 \text{ mm.}$$

Mit dieser Visirhöhe habe sich die Lage des mittleren Treffpunctes zu 1,2 Meter über dem Zielpunct ergeben.

Die Correctur der Visirhöhe H bestimmt sich nun aus

$$\triangle H : l = \triangle y : x$$

bei einer Länge der Vergleichungslinie von 744 mm., zu

$$\triangle H : 744 \text{ mm.} = 1{,}2 \text{ Meter} : 600 \text{ Meter}$$

also

$$\triangle \text{ II} = 1{,}488 \text{ mm.}$$

oder rund

$$= 1{,}5 \text{ mm.},$$

also der wirkliche Aufsatz hieraus zu

$$h = 25{,}23 - 1{,}5$$

$$= 23{,}73 \text{ mm.}$$

Der zur Verwendung gekommene Visirwinkel bestimmt sich daher aus

$$\text{tg } \alpha = \frac{23{,}73}{744}.$$

$$\lg \text{tg } \alpha = \lg 23{,}73 = 1{,}3752977$$

$$- \lg 744 = 2{,}8715729$$

$$= 8{,}5037248 - 10$$

daher

$$\alpha = 1^0\ 49'\ 36''$$

Der dem Schiessversuch zu Grunde gelegene, der wirklich verwendeten, also reducirten Visirhöhe H entsprechende Winkel von $1^0\ 56'\ 32''$ — der rohe Visirwinkel (β) (Fig. 35) — um den der Correctur $\triangle$ H der Visirhöhe entsprechenden Correctionswinkel (γ) $0^0\ 6'\ 56''$ vermindert, ergibt den wirklichen Visirwinkel (α) $1^0\ 49'\ 36''$ der Distanz x. —

Allgemein ist also

$$\alpha = \beta \mp \gamma$$

je nach der Lage des Treffpunctes über oder unter dem Zielpunct. —

Man erhält für die bei der Beschiessung verwendeten 10 Gewehre für jede Distanz somit 10 verschiedene Visirhöhen und bei der Annahme des richtigen Mittelwerthes für die Visireintheilung wird die Summe der Fehler beim Schiessen der Truppen kleiner als bei der Annahme irgend eines anderen Werthes. Die Mehrzahl der 10 erhaltenen Visirhöhen steht dem Mittelwerthe

sehr nahe und nur einzelne Gewehre zeigen extreme Visirhöhen, deren Abweichungen vom Mittel sich auf allen Entfernungen in gleichem Sinne und in gleicher Grösse wiederholen. Es ist nunmehr für die Schützen von Wichtigkeit ihre Waffen in der Beziehung zu prüfen, ob dieselben mit der gegebenen Visireintheilung auf allen Entfernungen entweder zu hoch oder zu tief schiessen, um dann die constante Correctur zu ermitteln, während für den Massengebrauch der Gewehre der erwähnte Umstand nicht in Betracht kommt und demselben schon Rechnung getragen ist, durch die Annahme des Mittelwerthes. (Vergl. Sgfd. Sch. Th. S. 2 bis 7.)

Die Visirwinkel für die nicht beschossenen Entfernungen werden durch Interpolation, entweder auf mathematischem oder auf graphischem Wege erhalten. Im ersteren, weitaus umständlicheren Falle wird die Interpolationsformel von Lagrange

$$h_n = \left\{ \begin{array}{l} h_1 \dfrac{(x_n - x_2)(x_n - x_3)(x_n - x_4)\ldots}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)(x_1 - x_4)\ldots} + \\ + h_2 \dfrac{(x_n - x_1)(x_n - x_3)(x_n - x_4)\ldots}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)(x_2 - x_4)\ldots} + \\ + h_3 \dfrac{(x_n - x_1)(x_n - x_2)(x_n - x_4)\ldots}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)(x_3 - x_4)\ldots} + \ldots, \end{array} \right.$$

wo x_1 , x_2 , x_3 etc. die beschossenen Distanzen

und

h_1 , h_2 , h_3 etc. die erhaltenen Visirhöhen- oder Winkel bedeuten, angewendet.

Einfacher, weniger zeitraubend und hinlänglich zuverlässig ist die graphische Interpolation, von der Berücksichtigung ausgehend, dass unter denselben Schussverhältnissen mit der wachsenden Distanz auch ein gesetzmässiges Wachsen der erforderlichen Visirwinkel verbunden ist. Auf die Ordinaten der einzelnen beschossenen Entfernungen werden, wie vorn näher erläutert, die Visirwinkel in Längeneinheiten aufgetragen und die Endpuncte

ohne Zwang durch eine regelmässige Curve so verbunden, dass die Summe der Abstände der nicht berührten Puncte über und unter der Curve möglichst gleich gross sind.

Die erforderlichen Visirwinkel der nicht beschossenen Distanzen sind alsdann nach dem gewählten Ordinatenmassstab einfach abzulesen.

Wollte man nunmehr direct auf diese erschossenen und weiter ermittelten Visirwinkel die ferneren Entwickelungen stützen, so würden sehr unregelmässige und auch keineswegs zutreffende Resultate erhalten, wie die nachstehenden Darlegungen ergeben. (Sgfrd. B. S. 85.)

Auf die erschossenen, reducirten und corrigirten Visirhöhen und daraus berechneten Visirwinkel influiren ausser dem Zustand der Atmosphäre und den unvermeidlichen Fehlern der Beobachtung einmal die ebenso unvermeidlichen kleinen Fehler bei der Messung der Visirhöhen oder Winkel an den beschossenen Gewehren, dann aber auch die Umstände beim Schiessen selbst. Die Beleuchtung des Ziels, des Korns, die grössere oder geringere Ermüdung des Schützen, gewisse Gewohnheiten desselben beim Abdrücken, vor Allem aber das Bestreben eines Jeden, sich Schuss für Schuss selbst zu corrigiren, werden Ursache sein, dass bei demselben Gewehr und gleicher Munition sich verschiedene Werthe der Lage des mittleren Treffpunctes und somit verschiedene Grössen der Visirwinkel ergeben. (v. Byl. B. S. 343.)

Durch die Zugrundelegung der Mittelwerthe der Visirwinkel der zur Beschiessung benutzten Serie von Waffen hat man sich unzweifelhaft, jene constanten Fehlerquellen ausgleichend, bereits dem wirklichen mittleren Betrage der Visirwinkel der gesammten Bewaffnung genähert Diesen Werthen wird aber entschieden noch näher getreten, gleichzeitig auch das Gesetz der Zunahme der Visirwinkel mit den wachsenden Distanzen sich deutlich aussprechen lassen und die normale Basis für den weiteren Aufbau der ballistischen Verhältnisse der in Frage stehenden Waffen gewonnen, wenn man die durch Beschiessung und Interpolation gefundenen Beträge der Visirwinkel ohne wesentlich von diesen allein massgebenden Resultaten abzuweichen, zu einer arithmetischen Reihe zweiter Ordnung zu regeln im Stande ist.

Die rohen Visirwinkelreihen der betrachteten europäischen modernen Ordonnanz-Präcisionswaffen der Infanterie und der in dieser Richtung ebenfalls beleuchteten früheren europäischen Ordonnanz-Vorderlader (s. Pl. & Wgd. D. G. II. Abschnitt) haben sich diesem Gesetze vollständig unterzogen und konnten auch, die obige Annahme bestätigend, sämmtlich zwanglos und ohne jedwede irgend erhebliche Abweichung von den Resultaten der praktischen Beschiessungen, in arithmetische Reihen der zweiten Ordnung übergeführt werden.*

---

* In Bezug auf die Elevationen der Schweizerwaffen: Infanteriegewehr M/1863 und 1867, Jägergewehr M 1856 und 1867, Peabodygewehr M 1867 und Repetirgewehr M/1869, welche Siegfried in seinem Beitrag zur Schiesstheorie S. 12 und 13 in ihren Beträgen nach den verschiedenen Jahreszeiten der Beschiessung zusammenstellt, wird in dieser Hinsicht bemerkt:

„Nach Einsicht dieser Zahlen erscheint es überflüssig bei der Untersuchung der Flugbahnverhältnisse für jedes Modell eine besondere Flugbahn zu Grunde zu legen, indem abgesehen von den Einflüssen der Jahreszeit die Unterschiede unerheblich sind. Es wird daher nur eine Reihe der Elevationen für die schweizerische Bewaffnung adoptirt, nämlich für

100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000 Meter
3,55	7,52	11,97	16,93	22,44	28,56	35,34	42,84	51,12	60,29 $^0/_{00}$ [1]

welche Reihe indessen für die Distanz Null den Werth 0,04 $^0/_{00}$ = 9 Secunden ergibt Um sie durch den Nullpunct zu führen, diesen Betrag an jedem Glied in Abzug gebracht, errechnen sich die Abgangswinkel endlich zu

12,06 25,71 40,98 58,06 77,00 98,01 121,30 147,05 175,45 206,73 Min.

[1] Wie schon öfter erwähnt, werden in der Schweiz die Visirwinkel für die Schiesstheorie in Tausendsteln (per mille) der Länge der Vergleichungslinie ausgedrückt. Zu deren Verwandlung gebraucht man die Proportion

$$l^{mm.} : h^{mm.} = 1000 : h\ ^0/_{00}$$

so dass also, in der obigen Reihe, der Visirwinkel α für 100 Meter bestimmt wird durch

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = 3{,}55\,^0/_{00} = \frac{3{,}55 \text{ mm.}}{1000 \text{ mm.}}$$

$$= 0{,}00355$$

$$\operatorname{lg} \operatorname{tg} \alpha_1 = 0{,}5502204 - 3$$

$$= 7{,}5502204 - 10$$

daher

$$\alpha_1 = 12{,}06 \text{ Minuten.}$$

2. Der Vibrationswinkel.

Verlängert man die Curven und die geregelten Reihen der Visirwinkel nach links bis zum Nullpunct, so gehen für alle Gewehre weder Curven noch Reihen durch denselben, d. h. es ergibt sich für die Distanz Null die Nothwendigkeit eines bestimmten

---

Weiter wird daselbst erläutert:

„Das Gesetz der Zunahme der Elevationen mit den Distanzen muss ein anderes sein, als das unserer Visirhöhen. Für letztere sind die zweiten Differenzen constant. Indem aber die Längen der Vergleichungslinien, auf welche die Visirhöhen zu beziehen sind, abnehmen (in Folge der Quadranten-Visire), so müssen die auf eine constante Länge (von 1000 mm.) der Vergleichungslinie l bezogenen Elevationen in einem stärker zunehmenden Verhältniss wachsen, als die Visirhöhen. Die zweiten Differenzen der Elevationen sind nicht constant, sondern es bilden die zweiten, dritten und folgenden Differenzen zunehmende Reihen", die aus der letzten Winkelreihe auch herzuleiten sind.

Der Versuch, dieselbe in eine durch den Nullpunct führende Reihe der zweiten Ordnung umzuformen, hat das nachstehende annähernde Resultat ergeben:

0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000 Meter
0	11,65	25,27	40,86	58,42	77,95	99,45	122,92	148,36	175,77	205,15 Min.
	11,65	13,62	15,59	17,56	19,53	21,5	23,47	25,44	27,41	29,38
		1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97

Die positiven und negativen Differenzen der einzelnen Glieder dieser Abgangswinkelreihe gegenüber der vorstehenden schweizerischen betragen:

— 2,87 und + 5,68 Minuten.

Mit Hülfe dieser Winkel berechnen sich nach

	Formel 3 die Einfallwinkel		Formel 6 die Scheitelordinaten	
100 M.	zu 0° 12′ 38″	gegenüber 0° 12′ 44″	0,088 M.	gegenüber 0,10 M.
200 „	„ 0° 29′ 7″	„ 0° 28′ 52″	0,395 „	„ 0,40 „
300 „	„ 0° 49′ 43″	„ 0° 48′ 28″	0,988 „	„ 0,96 „
400 „	„ 1° 14′ 11″	„ 1° 11′ 51″	1,928 „	„ 1,85 „
500 „	„ 1° 42′ 34″	„ 1° 40′ 0″	3,282 „	„ 3,19 „
600 „	„ 2° 14′ 55″	„ 2° 12′ 58″	5,113 „	„ 5,00 „
700 „	„ 2° 50′ 11″	„ 2° 51′ 44″	7,460 „	„ 7,38 „
800 „	„ 3° 31′ 18″	„ 3° 36′ 38″	10,460 „	„ 10,35 „
900 „	„ 4° 15′ 35″	„ 4° 28′ 38″	14,110 „	„ 14,35 „
1000 „	„ 5° 3′ 39′	„ 5° 28′ 20″	18,450 „	„ 19,10 „

der Siegfried'schen Angaben S. 22 und 31 der Sch. Th.

Visirwinkels, der für die verschiedenen Waffen zwischen 2 bis 30 Min. variirt, in zwei Fällen selbst negative Beträge von 2,6 und 3,9 Min. erreicht, während doch für die Distanz Null auch der Werth Null zu erwarten stand.

Dieser Umstand basirt auf der Vibration des Laufes, in Folge deren sich die Seelen-Achse während des Schusses senkt, oder hebt, mithin einen kleineren resp. grösseren Winkel, als während des Zielens mit der Horizontalen bildet.

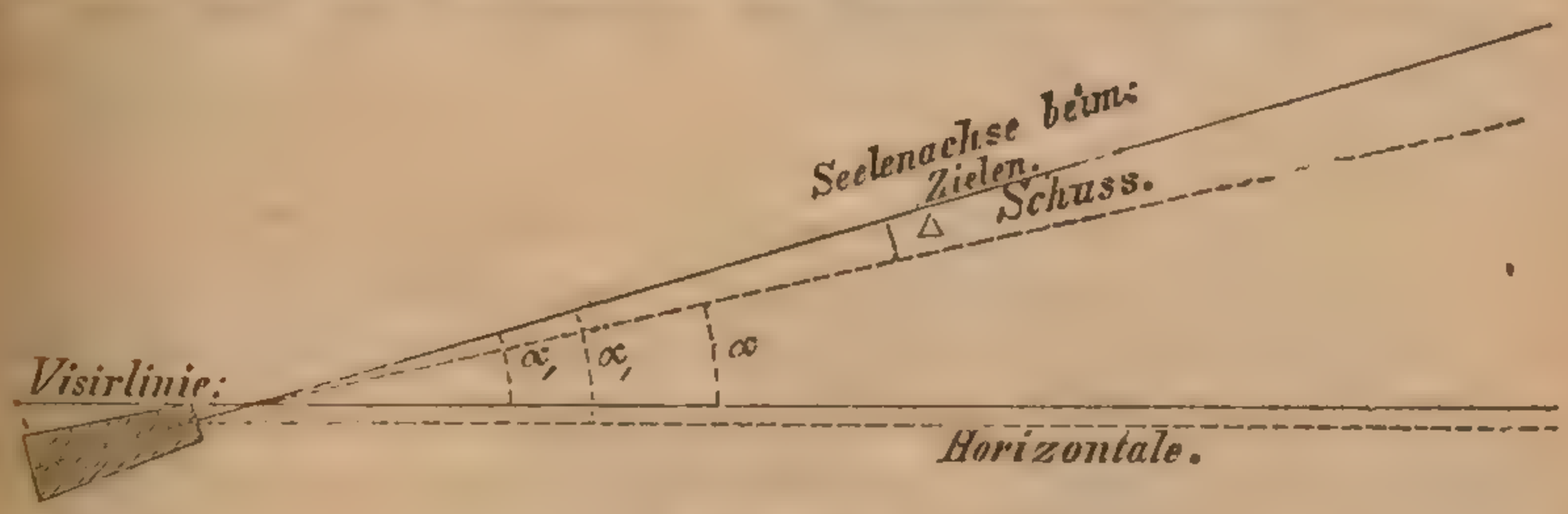


Fig. 38.

Der wirkliche Geschoss-Abgangswinkel α (Fig. 38) ist daher um den sogenannten Vibrations-, hier Depressions-Winkel $\triangle$ kleiner, als der erschossene und später reducirte und corrigirte Visirwinkel α_1, also

$$\alpha = \alpha_1 - \triangle.$$

Aeussert sich die Vibration nach aufwärts, so erscheint bei der Curve und der Reihe für die Distanz Null ein negativer Werth als Vibrationswinkel, welcher daher nunmehr als Elevationswinkel jedem Gliede der Reihe der erforderlichen

---

Diese Abgangswinkel und die aus denselben abgeleiteten Einfallwinkel und Scheitelordinaten dürften, bei ihrem, wenn auch nicht mathematisch genauen Anschluss an die Ergebnisse der Schweizerberechnung, doch immerhin dem praktischen Bedürfniss auch insofern entsprechen, dass das vereinfachte Verfahren zur Bestimmung der Flugbahngrössen der schweizerischen Bewaffnung mit annähernder Richtigkeit ebenfalls Anwendung finden kann. Diese Thatsache würde constatiren, dass auch die Winkel dieser Waffen sich dem Gesetz der arithmetischen Reihe zweiter Ordnung und dem darauf basirten vereinfachten Verfahren nicht ohne Weiteres vollständig entziehen, zumal die schweizerische Abgangswinkelreihe ein Mittel für sämmtliche oben erwähnte Modelle repräsentirt und einen ganz genauen Anschluss an ein einzelnes System nicht ausdrückt.

Visirwinkel zuzufügen ist, um den wirklichen Geschoss-Abgangswinkel zu erhalten, also $\alpha = \alpha_1 + \Delta$.

Bei dem italienischen Gewehr erreicht der negative Vibrationswinkel die Grösse von 3,9 Min.;* beim niederländischen nach den neuesten Resultaten der Normal-Schiess-Schule im Haag 2,67 Minuten. —

Bei einzelnen Exemplaren desselben Modells variirt der Depressionswinkel nicht unerheblich und geht selbst oft in negative Beträge über. So ergaben sich z. B. bei 13 einzelnen Exemplaren des niederländischen Gewehrs, dessen Bajonnetklinge in der Verticalebene unter der Seelenachse liegt, die Winkel

2′ 11″; 1′ 56″; 4′ 2″; 5′ 22″; 3′ 48″; 11′ 55″; 3′ 37″;
10′ 48″; 11′ 17″; 9′ 49″; — 1′ 1″; — 7′ 14″ — 2′ 56″.

Der Cavallerie-Karabiner kleinen Kalibers mit dem Infanterie-Geschoss von 21.8 gr. aber nur 3 gr. Ladung ergab in drei Exemplaren die Beträge von 10′ 10″; 10′ 50″; 15′ 10″.

Die niederländischen Waffen grossen Kalibers mit seitwärts stehender Bajonnetklinge zeigten im Allgemeinen in drei Exemplaren die grösseren Beträge von 11′ 17″; 18′ 48″; 15′ 54″. —

Bylandt theilt in seinem „Beitrag zur Ballistik der gezogenen Handfeuerwaffen“ hinsichtlich der Vibration an verschiedenen Stellen das Nachstehende mit:

Der Grund dieser Erscheinung, welche für dieselbe Waffe bei gleichen Schussverhältnissen und verschiedenen Elevationen in gleicher Grösse auftritt, liegt in der Vibration des Laufs in verticaler Richtung, also in der Thatsache, dass im Allgemeinen bei den Handfeuerwaffen der Abgangswinkel des Geschosses kleiner ist, als der verwendete Visirwinkel und zwar um die Grösse des für die Distanz Null aus Curve oder Reihe resultirenden Visirwinkels, welche von sämmtlichen Gliedern der geordneten Visirwinkelreihe in Abzug (bei den oben erwähnten Ausnahmen in Zugang) zu bringen ist, um den Betrachtungen zur Beantwortung der ballistischen Fragen zu Grunde gelegt werden zu können.

Die jedenfalls auch stattfindende Vibration in horizontalem Sinne ist in Folge ihrer geringeren Grösse, der Derivation der

* Auf Seite 100 des 2. Theiles dieses Werkes ist bei Nr. 19 in Spalte 2 das Minuszeichen vergessen.

Geschosse und der Ablenkungen durch den Wind, nicht genügend zu constatiren.

Es scheint, dass die Länge und Beschaffenheit des Laufes, die Verbindung desselben mit dem Schafte und die Art der Befestigung mittelst der Laufringe, endlich ein mehr oder minder rasch verbrennendes Pulver von grossem Einflusse auf die Grösse dieses Vibrationswinkels sind, was auch schon General Otto andeutet, indem er sagt:

„Betrachtet man einen gezogenen Lauf in seiner Verbindung mit dem Schafte näher, so sieht man leicht, dass von der verticalen Richtungsebene aus gerechnet, nach rechts und links hin ziemlich Alles symetrisch und gleich ist, so dass sich eine in die Augen springende Veranlassung zu Vibrationen im horizontalen Sinne nicht vorfindet. Anders verhält es sich im verticalen Sinne, wo der Lauf sich unten an den Schaft stützt, während er oben bis auf die Gewehrringe freiliegt. Es ist mithin erklärlich, wenn der Lauf vorzugsweise im verticalen Sinne vibrirt, und wenn ihm hierbei die Gewehrringe als Knotenpuncte dienen.“

Aus einigen Erfahrungen glaubt Bylandt schliessen zu können, dass die Stärke und Lage des Bajonnethafts nicht ohne Einfluss auf die Vibration in verticalem und horizontalem Sinne ist und dass diese durch eine veränderte Stellung des Haftes in etwas modificirt wird.

Ein mehr oder weniger starkes Anschliessen der Vorderschaftkappe oder des vorderen Laufringes scheint, Versuchen zufolge, auch modificirend auf den Vibrationswinkel einzuwirken.

Bei Hinterladungsgewehren hat sich auch ein namhafter Unterschied in der Vibration herausgestellt, je nachdem der Lauf mit dem Gehäuse aus einem Stücke gefertigt oder an letzteres angeschraubt war. Dünne Läufe vibriren anders, als dicke. Bei getheiltem Schafte lassen sich auffallend grössere Vibrationswinkel constatiren. (Vergleiche im 2. Theile dieses Werkes die Waffen von Dänemark mit 25.5′, England mit 19.95′, Bayern mit 17,4′, Schweiz mit 17,0; das österreichische Versuchs-Remington-Gewehr hatte sogar den Betrag von 31 Minuten erreicht.)*

* Die Vortheile der Kenntniss des Vibrationswinkels für den Waffen-Constructor und seine praktische Verwerthung beleuchtet Bylandt S. 338:

„Auch für Jene, welche sich in keine Berechnung einlassen wollen, ist die Kenntniss des Vibrationswinkels von Nutzen, weil sie dadurch vor falschen

Wird ein Lauf successive verkürzt, so ändert sich der Vibrationswinkel derart, dass er sich bei ganz kurzen Läufen (Pistolen) sogar nach entgegengesetzter Richtung äussert.

Auch das Material aus welchem die Patronenhülsen erzeugt werden und die Art der Befestigung des Geschosses in der Hülse hat wesentlichen Einfluss auf die Schiessresultate.

Starre Hülsen aus steifem Tomback oder Messing halten bei der in Oesterreich gebräuchlichen, durch amerikanische Maschinen bewirkten Schliessung der Hülsen nach eingesetztem Geschosse, letzteres länger zurück, wodurch die Gasspannung in der Hülse vor dem Austritte des Geschosses aus derselben bedeutend erhöht wird.

Ob dies nur modificirend auf die Anfangsgeschwindigkeit, oder auch auf den Vibrationswinkel einwirkt, ist nicht entschieden. Ausser Zweifel steht jedoch und wurde durch zahlreiche Versuche constatirt, dass derartige Hülsen selbst bei dem besten Gewehr eine ganz abnorme Streuung der Geschosse hervorbringen und zwar ist die Höhenstreuung verhältnissmässig viel bedeutender.

Ebenso wurde bei den österreichischen Versuchen im Jahr 1868 die Thatsache bestätigt, dass Gewehre gleicher Construction dennoch ungleiche Vibrationswinkel haben können, wodurch die Ermittlung richtiger Mittelwerthe für diesen Winkel und die Construction zustimmender Aufsatzscalen erschwert wird. (v. Byl. B. S. 335, 370 etc.; s. auch oben 172 die neuen niederländischen Ergebnisse.)

Schlüssen bewahrt werden. So hat z. B. das War office in London unter dem 22. October 1866 eine Concurrenz für das beste Hinterladungsgewehr ausgeschrieben und stellte unter anderen Bedingungen auch in Bezug auf eine rasante Flugbahn die Anforderung, dass das vorzulegende Gewehr auf 500 Yards keinen grösseren Visirwinkel als 1° 30′ erfordere. Gesetzt nun, es würden zwei Waffen mit einem Vibrationswinkel von — 30 resp. + 5 Minuten vorgelegt, und die erstere für die Schussweite von 500 Yards einen Visirwinkel von 1° 38′, die andere aber von 1° 20′ erfordern, so betrügen die Geschoss-Abgangswinkel 1° 8′ resp. 1° 25′ und jene Waffe könnte trotz des grösseren Visirwinkels, der sie von der Concurrenz ausschliesst, doch auf eine gestrecktere Flugbahn, als die zweite, schliessen lassen.“

3. Die Bestimmung der Flugbahnordinaten.

Bylandt gibt Seite 384 ff. das bei den Versuchen mit dem Werndl-Gewehr in Oesterreich eingeschlagenen Verfahren zur Ermittlung der Ordinaten der Flugbahn für eine bestimmte Distanz an, das wörtlich der Vollständigkeit wegen hier aufgenommen werden soll.

In der gegebenen Entfernung wurde eine gewöhnliche Scheibe aufgestellt, das Gewehr nach dem unteren Rande des Zielschwarzen mit der der Entfernung entsprechenden Zielhöhe eingerichtet und in dieser Lage fixirt; hierauf in der Mitte dieser Entfernung in ein hohes Gestell ein mit Papier überzogener Rahmen als Zwischenscheibe so eingeschoben, dass der untere Rand derselben die Linie, welche den oberen Rand des Zielschwarzen mit der Visirkimme verbindet, tangirt.

Der Papierrahmen befand sich sonach mit seinem unteren Rande um das Mass b c (Fig. 39) über der Visirlinie. Nach Feststellung des Rahmens wurde, wie gewöhnlich, mit aufgelegtem Gewehre eine Anzahl Patronen nach dem unterhalb desselben sichtbaren Zielschwarzen der gewöhnlichen Scheibe abgeschossen, dabei sowohl auf dieser, als auch auf der Zwischenscheibe die Geschossdurchschläge beobachtet und auf beiden der mittlere Treffpunct bestimmt.

Auf der der Papierscheibe bezeichnete somit b m den verticalen Abstand des mittleren Durchschlags vom unteren Rande.

Da die zu ermittelnde Ordinate auf die Verbindungslinie A B bezogen werden muss, welche man sich von der Mündungsmitte nach dem mittleren Treffpunct gezogen denkt, so ergab sich diese Ordinate zu

$$Km = bm + bc + cd - Kd.$$

Es ist aber m b gleich dem Abstand des mittleren Durchschlagpunctes vom unteren Rande der Papierscheibe, und da diese gerade in der Mitte zwischen der Mündung und Endscheibe stand

b c = dem Radius des Zielschwarzen,
c d = der halben Kornhöhe über der Laufachse
k d = der halben Ordinate B Z.

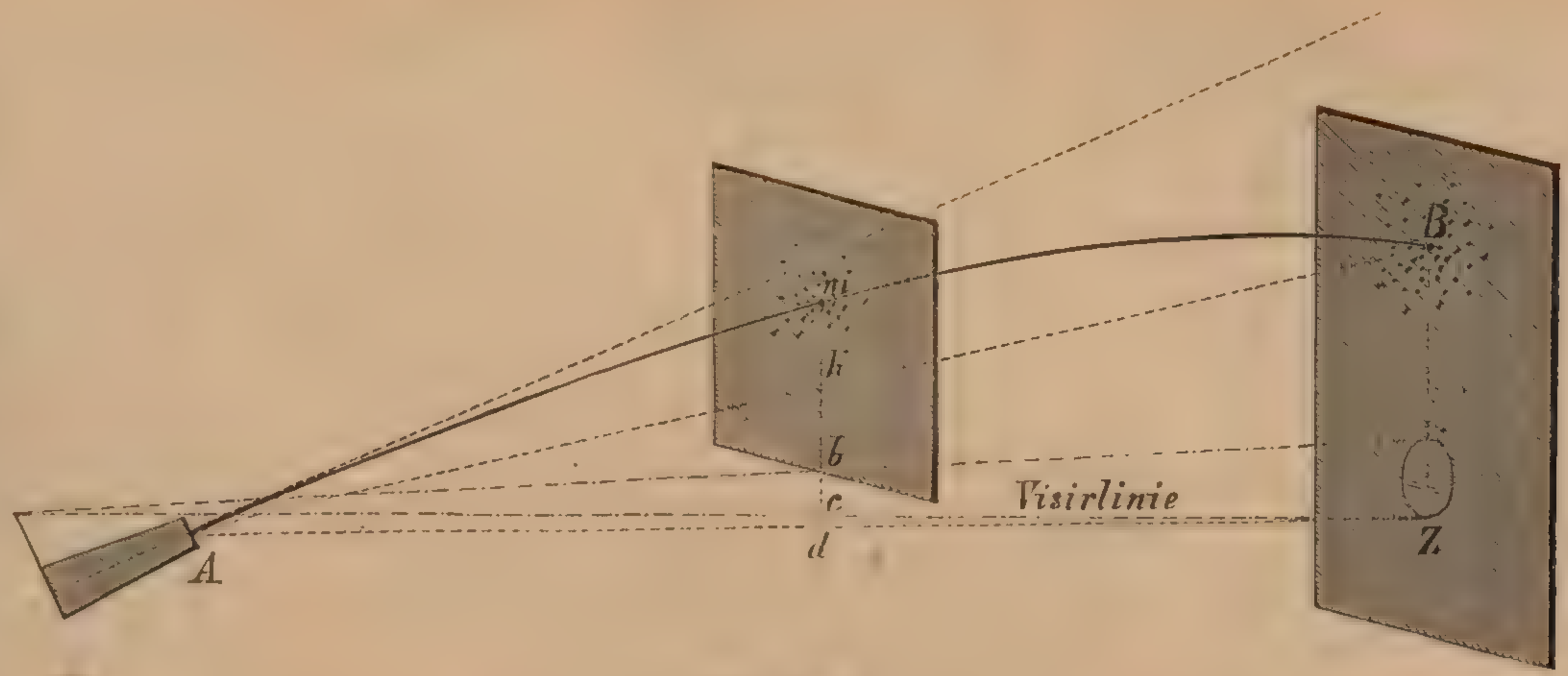


Fig. 39.

Bei der Beschiessung der Endscheibe auf 600 Schritt ergab sich auf 300 Schritt

mb	=	95,9″
bc	=	9,0″
cd	=	0,315″
Summe	=	105,215″ die halbe Ordinate
BZ	=	2,7″ daher
km	=	102,515″

Es wurde der Winkel von 1° 21′ 42″ angewendet, woraus sich, auf den mittleren Treffpunct bezogen, der Visirwinkel von 1° 20′ 30″ ergibt.

Bei der Beschiessung der Endscheibe auf der Distanz 300 Schritt und des Rahmens auf 150 Schritt wurde der Visirwinkel von 0° 41′ 6′ angewendet, woraus der erforderliche wirkliche Visirwinkel zu 0° 39′ 42′ folgt.

Zur Prüfung des Versuchs auf 600 Schritt ermittelt sich die Differenz der wirklich erforderlichen Visirwinkel aus dem für

600 Schritt = 1° 20′ 30″

und dem für

300 „ = 0° 39′ 42″

zu 0° 40′ 48″

Mit der Formel 8 für die Ordinate der Flugbahn auf 300 Schritt folgt

$$y = 300 \,.\, 28{,}8'' \sin (1^\circ\ 20'\ 30'' - 0^\circ\ 39'\ 42'')$$

$$= 102{,}54 \text{ Zoll},$$

was mit der bei dem Versuch erhaltenen Ordinate

$$y = 102{,}515 \text{ Zoll}$$

vollkommen übereinstimmt. —

Die praktische Bestimmung der Ordinaten der Flugbahn auf einzelnen Zwischendistanzen ist, insbesondere da ein nivellirtes Terrain für die Zwischenscheiben vorausgesetzt werden muss, immerhin schwierig und zeitraubend, jedenfalls aber lehrreich genug, um dieses Experiment den Schülern einer Schiessschule vorzuführen. Für ballistische Ermittelungen ist dieser Weg aber bei der vollen Sicherheit der Bestimmung der Ordinaten durch das mathematische Verfahren mittelst der Formel 8, oder durch die am Schlusse des Abschnittes „B. Die Präcision“ S. 149 angegebene graphische Lösung aus der Flugbahn einer der grösseren Schussweiten, wie auch der vorliegende Versuch hinlänglich constatirt, nicht erforderlich. (Vergleiche v. Pl. N. St. I. S. 134.) —

Auch die deutschen Schiessschulen zu Spandau und auf dem Lechfelde bei Augsburg führen den Schülern derartige Experi-

mente vor, nur mit dem Unterschiede, dass auf dem nivellirten Terrain für alle Zwischendistanzen Ständer als Träger von vertical beweglichen Papier- oder sogenannten Stationsscheiben angebracht sind, welche die Geschossdurchschläge aufnehmen und deren Höhe über der horizontalen Visirlinie, durch besondere Vorrichtungen sich sehr einfach bestimmen lassen, um hieraus alsdann die massgebenden Mittelwerthe herleiten und auf graphischem Wege regeln zu können.

4. Die Ermittelung der Visirwinkel aus den Ordinaten einer Beschiessung.

Liegt von einer zu betrachtenden Waffe eine Visirwinkelreihe für die einzelnen Entfernungen nicht vor, sind vielmehr aus einer Beschiessung nur die Flugbahnordinaten einer oder der andern Geschossbahn als Erhebungen über die horizontale Visirlinie bekannt, so müssen vorerst die Visirwinkel aus jenen Ordinaten, wie folgt, hergeleitet werden.

Zieht man durch den Endpunct der Winkel-Ordinate der letzten Entfernung der graphisch dargestellten Abgangswinkel einer Waffe (Fig. 40) eine Parallele zur Abscissenachse, so geben die Abstände dieser Parallelen von der Curve auf den einzelnen Ordinaten weiter nichts an, als die Differenzen des Winkels der letzten Ordinate mit denjenigen der einzelnen vorhergehenden, also die Differenz der Abgangswinkel der letzten mit denjenigen der übrigen Entfernungen.

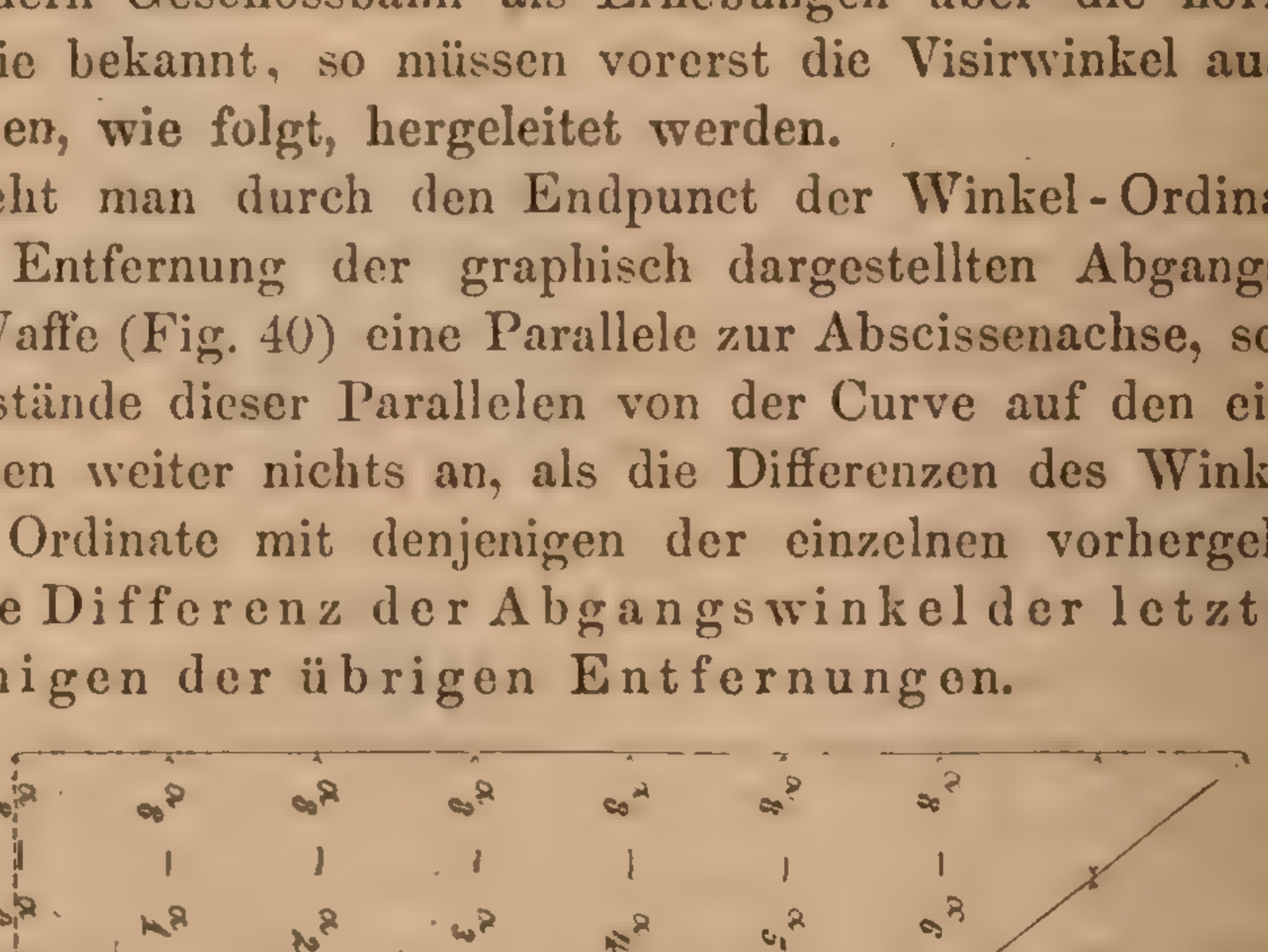


Fig. 40.

Aus dieser Betrachtung lässt sich entnehmen, dass man, bei bekannten Differenzwinkeln, umgekehrt sehr leicht die Abgangswinkel der einzelnen Entfernungen selbst finden kann.

Nach Formel 8 ist

$$y_1 = 100 \sin (\alpha_n - \alpha_1)$$

$$y_2 = 200 \sin (\alpha_n - \alpha_2)$$

$$y_3 = 300 \sin (\alpha_n - \alpha_3) \text{ u. s. w.}$$

endlich

$$y_n = n \cdot 100 \sin (\alpha_n - \alpha_n) = 0.$$

Hieraus folgen die Differenzwinkel zu:

$$\sin (\alpha_n - \alpha_1) = \frac{y_1}{100}$$

$$\sin (\alpha_n - \alpha_2) = \frac{y_2}{200}$$

$$\sin (\alpha_n - \alpha_3) = \frac{y_3}{300} \text{ u. s. w.}$$

endlich

$$\sin (\alpha_n - \alpha_n) = 0$$

d. h. die Differenzen der Abgangswinkel der in Frage stehenden Bahn, für welche die Ordinaten gegeben sind, und derjenigen der vorhergehenden Zwischen-Entfernungen sind gleich den Quotienten dieser Ordinaten und der zugehörigen Zwischen-Distanzen.

Auf diese Weise werden sämmtliche Differenzwinkel der Bahn von n . 100 Meter für alle Zwischendistanzen berechnet.

Sind die Scheitelordinaten der Bahn von 500 Meter für

100 M. = 1,797 Meter;
200 „ = 2,863 „
300 „ = 3,038 „
400 „ = 2,129 „

gegeben, so ist

$$\sin\ (\alpha_5 - \alpha_1) = \frac{1{,}797}{100} = 0{,}01797$$

$$\sin\ (\alpha_5 - \alpha_2) = \frac{2{,}863}{200} = 0{,}01431$$

$$\sin\ (\alpha_5 - \alpha_3) = \frac{3{,}038}{300} = 0{,}01013$$

$$\sin\ (\alpha_5 - \alpha_4) = \frac{2{,}129}{400} = 0{,}00532$$

und

$$\lg \sin\ (\alpha_5 - \alpha_1) = 0{,}2545481 - 2 = 8{,}2545481 - 10$$

$$\lg \sin\ (\alpha_5 - \alpha_2) = 0{,}1556396 - 2 = 8{,}1556396 - 10$$

$$\lg \sin\ (\alpha_5 - \alpha_3) = 0{,}0056094 - 2 = 8{,}0056094 - 10$$

$$\lg \sin\ (\alpha_5 - \alpha_4) = 0{,}7259116 - 3 = 7{,}7259116 - 10$$

daher die Differenzwinkel

$$\alpha_5 - \alpha_1 = 1^0\ \ 1'\ 47'' = 61{,}8 \text{ Minuten},$$

$$\alpha_5 - \alpha_2 = 0^0\ 49'\ 12'' = 49{,}2 \quad \text{„}$$

$$\alpha_5 - \alpha_3 = 0^0\ 34'\ 49'' = 34{,}8 \quad \text{„}$$

$$\alpha_5 - \alpha_4 = 0^0\ 18'\ 18'' = 18{,}3 \quad \text{„}$$

$$\alpha_5 - \alpha_5 = 0^0\ \ 0'\ \ 0'' = 0{,}0 \quad \text{„}$$

woraus die Abgangswinkel

$$\alpha_1 = \alpha_5 - 61{,}8 \text{ Minuten},$$

$$\alpha_2 = \alpha_5 - 49{,}2 \quad \text{„}$$

$$\alpha_3 = \alpha_5 - 34{,}8 \quad \text{„}$$

$$\alpha_4 = \alpha_5 - 18{,}3 \quad \text{„}$$

folgen.

Zur Controle des graphischen Verfahrens behufs Ermittelung des Nullpuncts der Abgangswinkelcurve wird der Winkel für die beschossene Distanz, hier 500 Meter, annnähernd gefunden,

wenn die Differenzen der obigen Differenzwinkelreihe gebildet werden und man für die fragliche Distanz im Sinne der concaven Gestalt der Curve die Reihe entsprechend verlängert, z. B.

0	100	200	300	400	500 Meter
0	18,3	34,8	49,2	61,8	72,3 Minuten
	18,3	16,5	14,4	12,6	10,5
		— 1,8	— 2,1	— 1,8	— 2,1

Es ergibt sich also der Abgangswinkel für 500 Meter zu 72,3 Minuten, statt dem wahren Werth von 72,4 Minuten.

Der bei dieser Ermittelung des Abgangswinkels der beschossenen Distanz gemachte kleine Fehler gleicht sich demnächst durch die Regelung der Winkel in eine arithmetische Reihe zweiter Ordnung aus.

Die gesuchte Abgangswinkelreihe ergäbe sich mithin nach den letzten Gleichungen zu:

$$\alpha_4 = 72{,}3 - 61{,}8 = 10{,}5 \text{ Minuten.}$$

$$\alpha_2 = 72{,}3 - 49{,}2 = 23{,}1 \quad \text{„}$$

$$\alpha_3 = 72{,}3 - 34{,}8 = 37{,}5 \quad \text{„}$$

$$\alpha_1 = 72{,}3 - 18{,}3 = 54{,}0 \quad \text{„}$$

$$\alpha_5 = 72{,}3 - 0 \quad = 72{,}3 \quad \text{„}$$

Zur graphischen Darstellung wird nun an der Ecke eines Gitterbogens auf einer Ordinate der Endpunct der Abgangswinkelcurve und senkrecht auf diese eine Abscissenachse, welche für die einzelnen Schussweiten eingetheilt ist, gewählt. Man trage dann auf die einzelnen Ordinaten die ihnen zugehörigen bekannten Differenzwinkel auf, (S. Fig. 41) verbinde die so bestimmten Puncte zu einer regelmässigen Curve und controlire denjenigen, durch das obige Verfahren mathematisch schon festgestellten Punct, in welchem die verlängerte Curve die Ordinate der Entfernung Null schneidet, d. h. den Abgangswinkel der in Frage stehenden Bahn. Dieser letztgefundene Punct be-

zeichnet demnach den Anfangs- oder Nullpunct der gesuchten Winkelreihe. Wird eine Parallele zu der erstangenommenen Abscissen-Achse durch den Nullpunct gezogen, so stellen die Abstände dieser Achse von der Curve in den einzelnen Ordinaten die ihnen zugehörigen Geschoss-Abgangswinkel dar, welche direct abgelesen werden können und die oben berechneten Werthe repräsentiren.

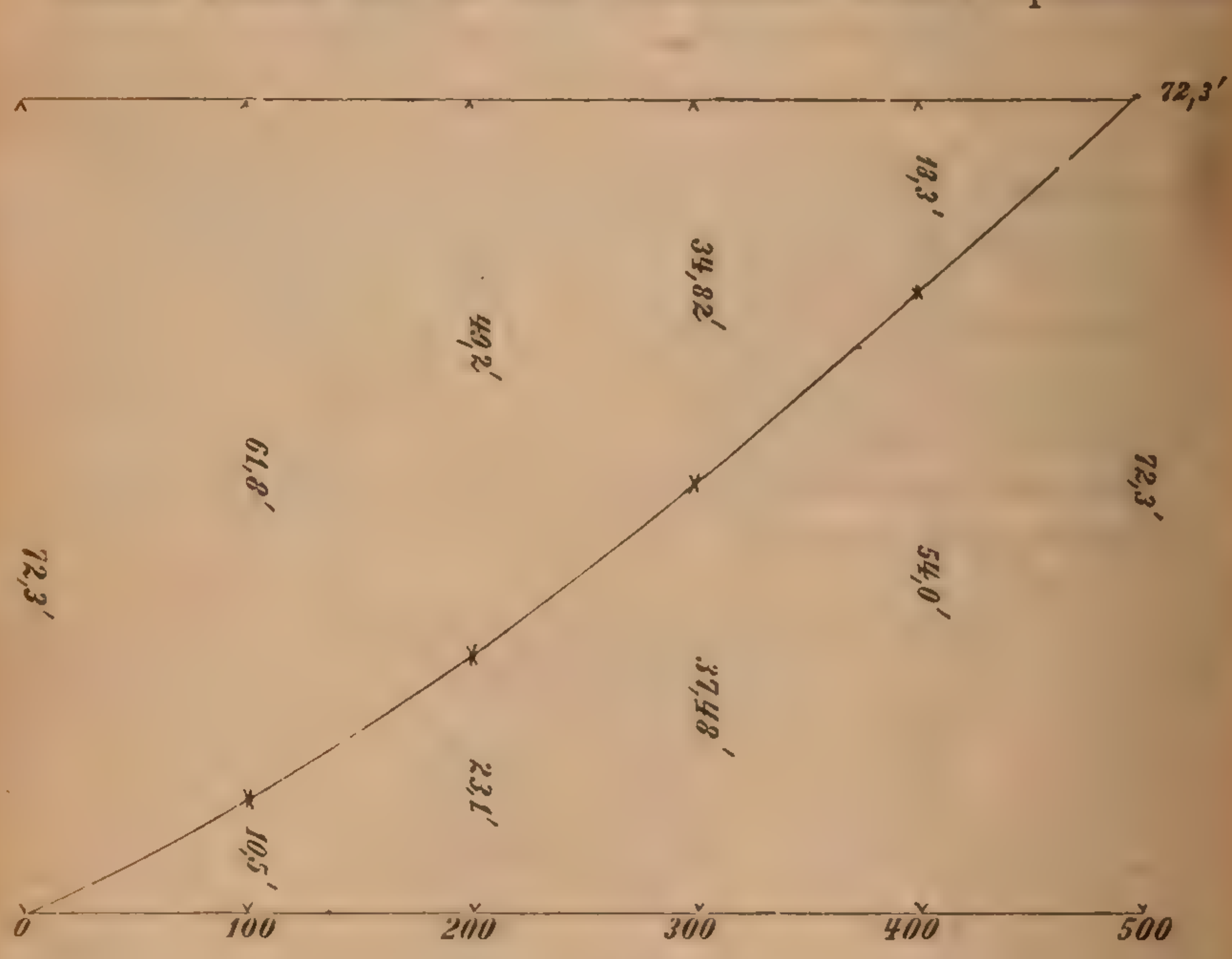


Fig. 41.

Da bei dem Ablesen dieser Winkel, besonders wenn der Massstab nicht genügend gross ist, unvermeidlich stets kleine Fehler entstehen, so bildet man zu deren Ausgleichung, sowie derjenigen der früher erwähnten Fehlerquellen aus den so erhaltenen Abgangswinkeln wieder eine arithmetische Reihe zweiter Ordnung, welche nach links verlängert für die Distanz Null auch den Werth Null ergeben muss. Andernfalls ist der hierfür etwa gefundene positive oder negative Werth, und zwar als Vibrationswinkel bei jedem Gliede der Winkelreihe entsprechend in Abzug oder Zugang zu bringen.

5. Die Ablenkungen der Geschosse durch Construction und Gebrauch der Waffe.

a. Die Verhältnisse der Construction der Waffe.

1. Die Derivation.

Die gegenwärtigen Geschosse der Handfeuerwaffen zeigen in Folge der Rotation durch die Züge etc. Abweichungen aus der Verticalebene des Schusses — Derivationen. Ihre Grösse ist indessen nicht in der Weise bedeutend, um zur Annahme der früher üblichen Derivationsvisire für die seitliche Correctur schreiten zu müssen.

2. Die Lage von Visir und Korn gegenüber der Vertical-Ebene des Schusses.

Um die erwähnten Abweichungen der Geschosse nach rechts in Folge der doppelten Krümmung ihrer Flugbahn, insbesondere für die weiteren Entfernungen einigermassen zu corrigiren, hat man Visir und Korn aus der Verticalebene der Waffe herausgeschoben, z. B. die Kimme des festgelötheten Visirs 0,6 mm. nach links, das bewegliche Korn 0,2 mm. nach rechts.

Die Seelenachse weicht dann bei einem horizontalen Abstande der beiden Visirpuncte von z. B. 700 mm. auf 100 Meter Distanz um 0,114 Meter, daher auf 1000 Meter um 1,14 Meter, auf 1500 Meter um 1,71 Meter nach links von der Visirlinie ab. Diese Lage von Visir und Korn ist bei einzelnen Waffen eingeführt, bei anderen liegt wieder Kimme und Kornspitze in der Verticalebene, bei anderen endlich ist nur das Visir oder das Korn zur Seite gerückt.

Die Lage von Visir und Korn wird bei jeder Waffe durch das sogenannte Strichschiessen geprüft, wobei auf einige Meter Abstand mit aufgelegter Waffe nach dem Strich einer Scheibe so geschossen wird, dass die Geschosseinschläge sämmtlich in demselben sich befinden.

Seitliche Abweichungen werden durch entsprechendes Verrücken des Korns corrigirt und dessen richtige Stellung alsdann durch den sogenannten „Einhieb“ markirt.

Siehe: Tafel S. 231.

3. Der Einfluss von Bajonnet und Gewehr-Ringen.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass das Bajonnet eine stetige seitliche Ablenkung des Schusses verursacht und zwar nach der der Klinge entgegengesetzten Seite.

Die Ansichten über die Erklärung dieser Erscheinung sind verschieden; während Einzelne die Abweichungen den Schwingungen des Laufs zuschreiben, glauben es Andere aus der veränderten Lage des Schwerpunctes der Waffe erklären zu können, also aus der seitlichen Befestigung des Bajonnets.

Durch das Aufstecken des Bajonnets wird der Schwerpunct des Gewehrs aus der Verticalebene durch die Seelenachse nach rechts in die Linie verlegt, welche den Schwerpunct des Gewehrs ohne Bajonnet und denjenigen des Bajonnets selbst verbindet.

Die Resultante der rückwirkenden Kraft der Gase ist in der Richtung der Seelenachse thätig, greift mithin nicht mehr im Schwerpuncte an. Ausser dem Rückstoss entsteht daher noch, durch ein Kräftedrehpaar, eine Drehung der Mündung und somit eine Ablenkung der Geschosse nach links.

Diese Darlegung ist richtig, wenn man als bewiesen annimmt, dass die Trägheit der Waffe überwunden ist, ehe das Geschoss den Lauf verlassen hat.

Bemerkenswerth ist es indessen, dass die Ablenkungen wesentlich zunehmen, wenn die Klinge mehr rückwärts gebogen wird, und am grössten ist, wenn Klinge und Seelenachse einen Winkel von 120 Grad bilden; der theoretischen Betrachtung zufolge müsste dies bei 90 Grad der Fall sein. Hiermit wird auch die frühere Ansicht widerlegt, wonach diese Ablenkungen der Wirkung der Gase zugeschrieben werden, welche beim Austritt des Geschosses aus der Mündung, zwischen Geschoss und Bajonnetklinge sich ausdehnen. Man schloss dies in der That aus einem Versuch, bei welchem man ohne Bajonnet einer eisernen Platte entlang schoss und dann natürlich jene Ablenkung stattfand.

Die nachstehende Tabelle ist das Resultat eines Versuches, mit dem niederländischen Gewehr kleinen Kalibers auf 150 Meter mit je 4 Schuss. (Gewicht des Bajonnets 0,363 Kilo; Länge der Klinge 0,455 M.)

Stand des Bajonnets.	Lage des mittleren Treffpunctes zum Zielpunct Meter
Ohne Bajonnet	0,25 über
Mit Bajonnet in gewöhnlicher Stellung	0,22 „ 0,25 links
Rückwärts gebogen unter	
30°	0,35 „ 0,32 „
60°	0,15 „ 0,45 „
90°	0,10 „ 0,65 „
120°	0,20 „ 0,80 „
150°	0,35 „ 0,50 „
180°	0,25 „ 0,18 „
Die Klinge abgeschnitten	0,25 „ 0,03 „
Nach unten umgebogen unter 120°	0,45 „ . „
Nach oben desgleichen	0,82 unter 0,15 „
Zwei Klingen übereinander	0,10 über . „
Angehängte Gewichte von	
0,5 Kilo auf 0,10 M. v. d. Münd. d. Waffe	0,10 „ 1,10 „
1,0 Kilo auf 0,05 M. „ „ „ „	0,20 „ 0,075
5,0 Kilo auf 0,01 M. „ „ „ „	0,025 unter 1,05

Die durch das Bajonnet verursachte Ablenkung beträgt auf 225 Meter nur 10 cm.*

In den Niederlanden ist wohl aus diesen Gründen die Lage der Bajonnetklinge bei dem Gewehre im Anschlag in der Verticalebene des Schusses unter der Seelenachse angeordnet worden.

In der Schweiz stellte der eidgenössische — am 11. Februar 1876 verstorbene — Oberst Wurstemberger ebenfalls Versuche über die Ableitung der Projectils durch die Bajonnetklinge an.

Probe mit einem umgeänderten Infanterie-Gewehr Mod. $18^{63/67}$ auf 225 Meter am 5. December 1868 zu Thun.

---

* Die vorstehende Notiz ist dem Werke: Handleiding tot de Kennis der draagbare wapenen door Kapitain Joost und Luitenants der Infanterie Duyker en Bresler. Te Breda 1870. S. 284 entnommen. S. v. Pl. & Wgd. D. G S. 285 u. s. w.

			Radius in cm. für 50% Treffer	Radius in cm. für 100% Treffer	Lage des mittleren Treffpunctes zum Zielpunct
Bajonnet A.	Abstand der Mitte der Klinge an der Seelenachse	hinten 50 mm. vorn 69 mm.	12,0	30	13 cm. links
Bajonnet B.		hinten 39 mm. vorn 58 mm.	16,5	40	27 „ „
Gewehr mit Bajonnet aus freier Hand geschossen				A	7,5 cm. links.
				B	7,5 „ „

Auch bezüglich des Einflusses der Ringbefestigung des Laufs stellte am 10. Januar 1870 Herr Oberst Wurstemberger Versuche auf 300 Meter Distanz an, welche die nachstehenden Resultate lieferten.

Waffe ohne Bajonnet	Mit allen Bunden.		Ohne Oberbund.		Ohne Mittelbund.		Ohne Unterbund.	
Repetir-Gewehr	Radius cm.	Treffpunct cm.	Radius cm.	Treffpunct cm.	Radius cm.	Treffpunct cm.	Radius cm.	Treffpunct cm.
	3,5	+ 0,5 lks. 3	3,5	— 12 lks. 4	5,5	— 18 lks. 4,5	7	— 12 lks. 3

Aus allen angeführten Ergebnissen geht hervor, dass das Rohr ebensowohl durch das Bajonnet, als durch die Ringe in seinen Vibrationen beim Schusse wesentlich beeinflusst wird.

Man hat desshalb in neuerer Zeit hieraus die praktische Nutzanwendung gezogen, das Gewehr nur mit dem Bajonnet in Verbindung zu bringen, wenn die Nothwendigkeit eines Nahkampfes mit der blanken Waffe herantritt, wie es bei der Annahme des Infanterie-Seitengewehrs als Bajonnet selbstverständlich war.

Wenn hierbei auch noch auf ganz kurze Distanzen geschossen wird, so sind die stattfindenden Ablenkungsgrössen nicht mehr von Bedeutung.

b. Die Verhältnisse beim Gebrauch der Waffe.

1. Das Nehmen des Korns.*

Die Ziellinie ist durch das Auge und den Punct des Abkommens bestimmt.

Die Visirlinie ist die Verbindungslinie der oberen Kante des Visireinschnitts (Kimme) und der Kornspitze.

Der Punct, an welchem man die Kornspitze an der Scheibe sieht, ist der „Punct des Abkommens“; die Kornspitze liegt daher immer in der Ziellinie.

Gleicht die Kornspitze mit der Visirkimme ab, so wird mit „gestrichen Korn“ gezielt; sitzt das Korn auf der Visirkimme auf, so ist mit „vollem Korn“ gezielt; dagegen mit „feinem Korn“, wenn die Kornspitze nur die Winkelspitze der Kimme etwas überragt. (Fig. 42)

Fig. 42.

In Fig. 43 bezeichnet:

B die Kornspitze;
A die obere Kante der Visirkimme bei gestrichen Korn;
C desgl. bei vollem Korn;
D desgl. bei feinem Korn;
ABG die Ziellinie und Visirlinie bei gestrichen Korn;
CBE die Visirlinie bei vollem Korn;
DBH die Visirlinie bei feinem Korn.

---

* Die nachstehenden praktischen Beiträge ad 1, 2 u. 3 hatte der Königlich Bayerische Premier-Lieutenant Herr Emmerich mitzutheilen die Güte.

Fig. 43.

Da die Gewehre mit gestrichen Korn eingeschossen sind, so trifft das Geschoss, wenn das Gewehr nicht verdreht und von der Streuung abgesehen wird, immer in dem Durchschnittspunct der verlängerten Visirlinie mit der Scheibe ein.

Um denselben Betrag, um den man nun beim Zielen die obere Kante des Visireinschnitts über oder unter die Ziellinie gebracht hat, wird man auch die Kornspitze unter — fein Korn — beziehungsweise über — voll Korn — der oberen Kante der Kimme sehen. Dieses Mass sei f; wenn F das Mass bedeutet, um welches die verlängerte Visirlinie — und damit das Geschoss — unter (Tiefschuss) oder über (Hochschuss) dem Zielpunct eintrifft, so ist:

$$F : f = x : l$$

$$F = \frac{x}{l} \cdot f$$

wobei l den Abstand vom Visir und Korn und x die Schussweite bedeutet. Ist f in mm., x und l in Metern ausgedrückt, so ergibt sich F in Millimeter.*

2. Das Klemmen des Korns.

Wird beim Anschlag das Korn zur Seite gedreht, geklemmt, im Maximum bis die Kornspitze hinter einer der seitlichen Kanten der Kimme erscheint (Fig. 44), so folgt der seitliche Fehler F am Ziel aus

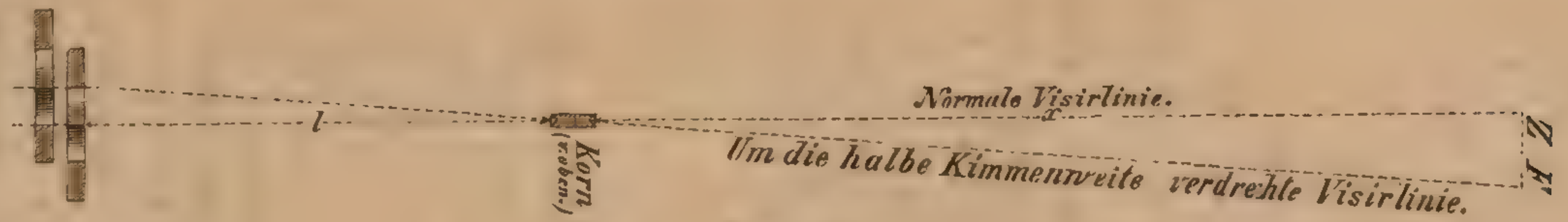


Fig. 44.

$$F : f = x : l$$

zu

$$F = \frac{x}{l} \cdot f.$$

Wenn f in mm, l und x in Metern ausgedrückt wird, erscheint F in Millimeter.

---

* Da die Vergleichungslinie l bei den meisten Gewehren etwa ein Schritt = 0,75 Meter lang ist, so leitet sich hieraus die praktische Regel ab:

Die Schussweite in Schritten multiplicirt mit der Anzahl Millimeter, um die man die Kornspitze bei vollem Korn über, bei feinem Korn unter der oberen Kante des Visireinschnitts sieht, gibt die Grösse des Hoch- oder Tief-Schusses in Millimeter an.

3. Das Verdrehen des Gewehrs.
(Kanten des Visirs.)

Die Endfallhöhe eines Geschosses betrage für

500 Meter : 5 Meter,

900 „ : 20 „

Wie nun auch das Gewehr verdreht sein möge, der Geschosseinschlag am Ziel wird immer um diese Beträge unter dem Punct liegen, in dem die verlängerte Rohrachse die erweiterte Zielebene durchschneidet.

Wird die Waffe aus dem normalen Anschlag um die unverändert gedachte Visirlinie in alle Lagen links und rechts der Verticalebene bis zu 90 Grad gedreht, so beschreibt der erwähnte Schneidepunct von verlängerter Rohrachse und Zielfläche auf der letzteren halbe Kreise von 5 resp. 20 Meter Durchmesser. Um dieselben Beträge unterhalb des dem jeweiligen Grade der Verdrehung entsprechenden Schneidepunctes liegen nunmehr die Treffpuncte der Geschosse. Diese Geschosseinschläge bilden also auf der erweiterten Zielfläche Kreise von 5 resp. 20 Meter Durchmesser (Fig. 45.)

Ist das Gewehr bei unverändert gedachter Visirlinie nach links gedreht, die Visirkante nach links geneigt, dass der Schneidepunct von Rohrachse und Zielfläche in a liegt (Fig. 45), so befindet sich der Geschosseinschlag für die Entfernung 900 Meter um 20 Meter tiefer in b, so dass eine Verdrehung des Gewehrs um den Winkel a h i den Treffpunct um b g zur Seite und um b c unter den Zielpunct h verlegt. Die gleiche Verdrehung hat auf der Distanz 500 Meter nur eine Verlegung des Treffpunctes um die Beträge e f und c d zur Folge.

Das Verdrehen des Gewehrs bei unveränderter Lage der Visirlinie verlegt unter allen Umständen den Treffpunct unter den Zielpunct (Tiefschuss) nach der Seite der Verdrehung der Visirkante und zwar mit wachsender Entfernung in zunehmenden Beträgen.

Eine nützliche Anwendung des Verdrehens des Gewehrs findet in der Praxis in verschiedenen Fällen statt.

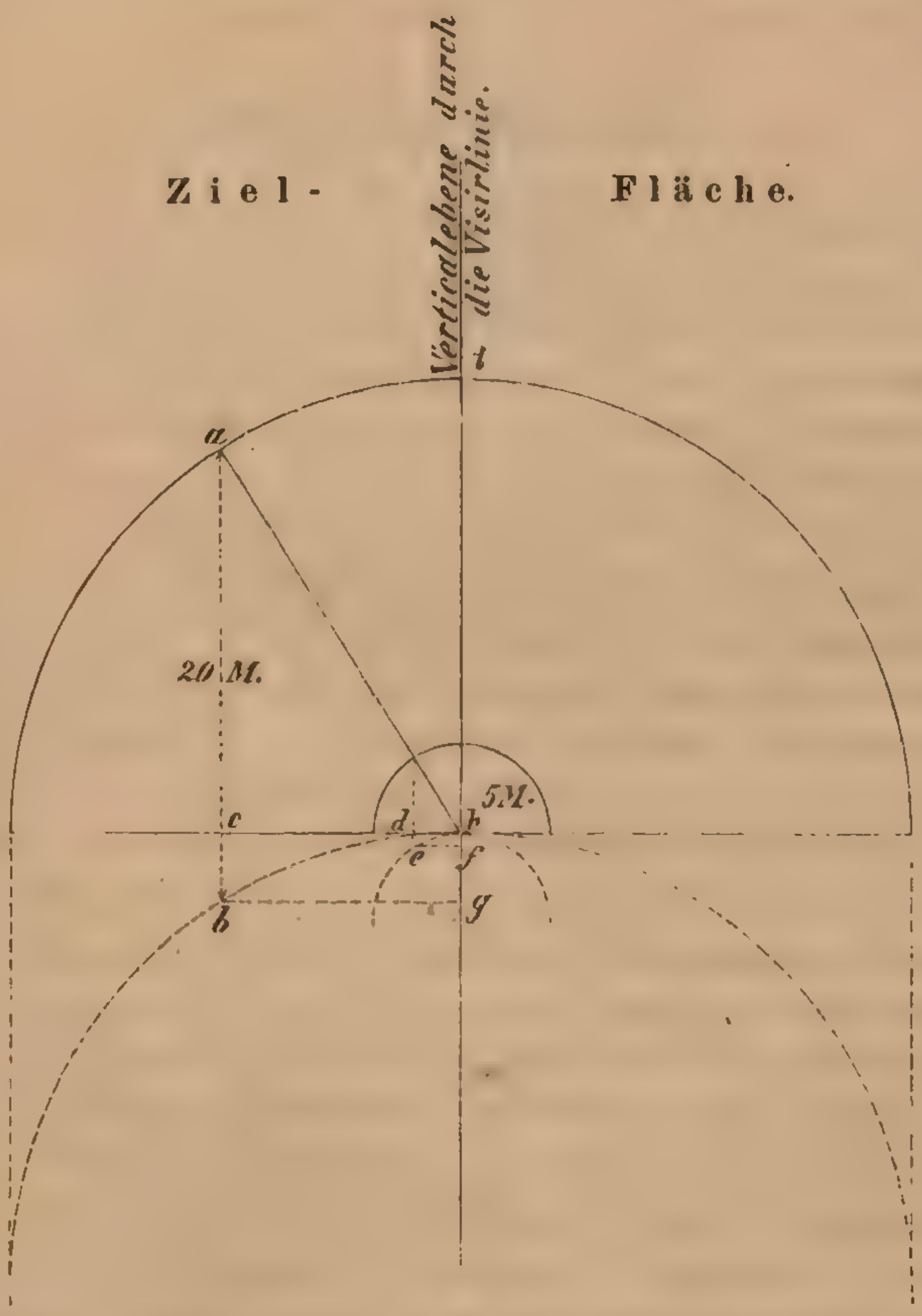


Fig. 45.

Bei starkem Wind wird nach der Seite desselben abgekommen, wofür indessen bei schmalen Zielen der Anhaltspunct fehlt. Um nicht imaginäre Zielpuncte wählen zu müssen, verlege man denselben etwas höher und verdrehe die Visirkante nach der Seite des Windes. In diesem Falle wird immer noch sicherer geschossen, als beim Abkommen ausserhalb des schmalen Ziels.

Gegen nach der Seite bewegliche schmale Ziele empfiehlt es sich denselben Kunstgriff anzuwenden, d. h. man drehe die Visirkante nach der Richtung der Bewegung und komme etwas höher ab.

4. Ablenkungen durch den Wind.

Der Einfluss des Windes auf die Flugbahn der Geschosse spricht sich je nach seiner Richtung und Stärke aus.

Dem Schusse entgegenwirkend folgt eine Verminderung der Schussweite, macht also für dieselbe Distanz eine grössere Visirhöhe nothwendig, während in entgegengesetzter Richtung auftretend auch entgegengesetzte Wirkungen folgen: Vergrösserung der Schussweite und Verminderung der Visirhöhen für dieselbe Distanz, wenn auch nicht in dem Verhältniss wie im vorigen Falle. Ein seitlicher Wind wirkt häufig auf Verminderung der Schussweite neben der seitlichen Ablenkung der Bahn aus der Verticalebene des Schusses im Sinne der Richtung desselben, welche am bedeutendsten ist, wenn der Wind im Sinne der Derivation auftritt.

Der Einfluss des Windes muss natürlich in Folge der abnehmenden fortschreitenden Bewegung des Geschosses mit den wachsenden Distanzen zunehmen; der ebenso wachsende Einfluss mit der Zunahme der Windstärke ist selbstverständlich.

Ein besonderer Werth wird in England und Amerika auf die Ermittelung der Einwirkung des Windes gelegt.

Das englische Gewehr-Prüfungs-Comité stellte Versuche bezüglich der Ablenkung der Geschosse durch den Wind mit dem Versuchs-Snider-Gewehr und dem Henry-Martini-Gewehr an, deren Resultate die nachstehende Tabelle enthält:

Waffe	Distanz in Meter	Wind	Einfluss des Windes	Differenzen zu Gunsten des Henry-Geschosses
Henry-Martini 11,43 mm. Kalib. Snider 12,70 „ „	457,19	Scharf, quer über die Schussrichtung	1,39 7,0	5,61
desgl.	731,5	Scharf, aber nicht völlig quer	0,93 7,64	6,71
desgl.	914,38	Scharf, quer	13,96 28,53	14,57

Das Comité schreibt diesen Vorzug hauptsächlich der Form des Geschosses und der bedeutenden Belastung der Einheitsfläche desselben mit 0,3 gr. Blei zu. (Vergleiche Reports of a special committee on breech-loading-rifles. London 1869. S. XIX.)

In Amerika hat man für das im Staat New-York eingeführte Remington-Gewehr von 12.7 mm. Kaliber (Ladung 4,536 gr., Geschoss 29,16 gr.) die nachstehenden Abweichungen durch den Wind constatirt. (Vergleiche: Manual for rifle practice including suggestions for practice at long range and for the formation and management of rifle associations, by Colonel Geo. W. Wingate, General-inspector of rifle practice, N. G. S. N. Y. Fifth edition, New-York W. C. & F. P. Church, army and navy journal. 23 Murray St. 1875. Seite 235 etc.)

Die amerikanische Waffe ist mit Zügen versehen, welche sich von links über oben nach rechts winden, das Geschoss also aus der Verticalebene des Schusses nach rechts deriviren lassen. Der Wind von links wirkt daher im Sinne der Derivation und zeigt wesentlich bedeutendere Beträge der Ablenkung, als der der Derivation entgegenwirkende Wind von rechts nach links, welcher die Rotationsfestigkeit, d. i. die Stabilität der Rotationsachse des Geschosses zu überwinden hat.

Entfernung in Yards zu 91,438 cm.	Stärke des Windes. Schwach 6,436	Mässig 16,093	Frisch 32,186	Kräftig 56,315	Sehr stark 80,465	Sturmartig 128,744
	Kilometer in der Stunde					
	Abweichungen in Meter.					
	1. Wind von schräg links nach rechts.					
200	0,152	0,229	0,305	0,381	0,559	0,762
300	0,229	0,33	0,475	0,61	0,915	1,143
400	0,254	0,538	0,838	1,143	1,449	2,059
500	0,475	0,762	1,220	1,830	2,44	3,66
600	0,915	1,372	2,44	3,355	4,880	6,1
700	1,118	2,135	3,355	4,88	6,1	8,845
800	1,526	2,845	4,27	6,1	7,93	11,285
900	1,830	3,66	5,895	7,93	10,37	15,25
1000	2,44	4,575	7,32	10,675	12,81	20,74
	2. Wind von schräg rechts nach links.					
200	Ziel- und Treffpunct fallen zusammen.	0,051	0,102	0,152	0,305	0,61
300		0,076	0,152	0,229	0,475	1,22
400		0,101	0,205	0,305	0,610	1,83
500		0,152	0,305	0,610	1,22	2,44
600		0,305	0,610	1,22	2,44	3,66
700		0,610	1,220	2,44	3,355	5,185
800		1,22	2,44	3.66	4,28	7,32
900		1,83	1,83	5,49	7,015	10,065
1000		2,845	4,575	7,32	9,15	12,81

5 Der Rückstoss.

Die Wirkung der Spannkraft der aus dem Pulver bei dem Schuss entwickelten Gase soll für die Waffe ein Minimum, für das Geschoss ein Maximum sein.

Je geringer die Wirkung auf die Waffe ist, desto geringer wird deren lästige Rückwirkung auf die Schulter des Schützen: der Schulter- oder Rückstoss; desto leichter kann dieselbe

bei genügender Widerstandsfähigkeit construirt werden, desto leichter ist sie zu transportiren und zu handhaben.

Je grösser die Wirkung der Gase auf das Geschoss ist, desto grösser wird dessen Arbeitsleistung am Ziel — Percussion, auch auf den weitesten Entfernungen.

Ist das Gewicht des Geschosses p, das des Gewehres $P = np$, bezeichnet V die Geschwindigkeit mit welcher das Geschoss die Mündung verlässt, $v = \frac{V}{n}$ die Geschwindigkeit des Gewehres im gleichen Moment und in entgegengesetzter Richtung und ist ferner die von dem Pulver entwickelte Arbeit auf das Geschoss = L und auf das Gewehr = L', so ergeben sich nach den Gesetzen der Mechanik* die nachstehenden Betrachtungen.

Die Grösse der Bewegung ist für

$$\text{das Geschoss} = p \,.\, V,$$

$$\text{das Gewehr} = P \,.\, v = n \,.\, p \,.\, \frac{V}{n}$$

$$= p \,.\, V.$$

---

* Nach den Gesetzen der Mechanik ist die Geschwindigkeit v eines durch eine Momentankraft bewegten Körpers gleich dem Product der Anziehungskraft g (= 9,81 M.) durch die Schwere mit der Zeit t, während welcher sie wirkte: $v = g\,t$.

Die von derselben Momentankraft verschiedenen Körpern ertheilten Geschwindigkeiten V und v verhalten sich umgekehrt wie die Gewichte p und $P = np$ der bewegten Körper, so dass

$$v : V = p : np = 1 : n$$

oder

$$v = \frac{V}{n} \text{ ist.}$$

Der vom bewegten Körper in der Zeit t zurückgelegte Weg $s = g/_2 \,.\, t^2 = \frac{v^2}{2g}$.

Die Momentankraft setzt sich aus dem Product des Gewichtes P des bewegten Körpers mit der ihm ertheilten Geschwindigkeit v zusammen, welcher Ausdruck P . v die Grösse der Bewegung des Körpers bezeichnet.

Das Arbeitsvermögen oder die Leistung L der Kraft ist nun wiederum ein Product des Gewichtes P des bewegten Körpers mit dem zurückgelegten Wege s; also $L = P \,.\, s = \frac{P.v^2}{2g}$

d. h. die Grösse der Bewegung von Geschoss und Waffe sind gleich gross, da ja auch dieselbe Kraft gleichmässig für beide zur Wirkung kam. Beim Gewehr tritt dieselbe nicht so augenscheinlich zu Tage, weil die Trägheit der Masse grösser ist.

Die Grösse der Bewegung der Waffe = P v dient als das Mass des Rückstosses.*

Die Leistung der Kraft der Gase ist nunmehr auf:

$$\text{das Geschoss: } L = \frac{p\,V^2}{2\,g},$$

$$\text{das Gewehr: } L' = \frac{P\,v^2}{2\,g} = \frac{np\left(\frac{V}{n}\right)}{2\,g}$$

$$= \frac{1}{n}\,\frac{p\,V^2}{2\,g} = \frac{1}{n}\,L.$$

---

* Es bezeichne w das Gewicht der Ladung. Wenn man den Gesammtzuwachs an Bewegungsgrösse von dem Augenblick der beginnenden Entzündung des Pulvers bis zu demjenigen ermittelt, wo das Geschoss den Lauf verlässt, so ergibt sich mit den obigen Bezeichnungen, indem man je nach dem Sinne der Bewegungen die Vorzeichen der Geschwindigkeiten anschreibt:

$$P\,.\,v = p\,.\,V + w\,\frac{V - v}{2}$$

wobei das zweite Glied rechter Hand nahezu die Bewegungsgrösse des Pulvergases darstellt.

Wird in dem Ausdruck

$$P\,v + \frac{w\,v}{2} = p\,.\,V + \frac{w\,V}{2}$$

auf der linken Seite das Gewicht der Ladung gegenüber dem Gewicht P der Waffe als verschwindend vernachlässigt, so ist

$$P\,v = p\,.\,V\,.\,+\,p\,.\,V\,.\,\frac{w}{2\,p}$$

und endlich das Mass des Rückstosses

$$P\,v = p\,V\left(1 + \frac{w}{2\,p}\right)$$

Siehe: De la détermination du calibre dans les armes portatives. Par J. L., capitaine d'artillerie. Paris, Tanera 1872. Uebersetzt im Archiv für die Artillerie- und Ingenieur-Offiziere des deutschen Reichsheeres. Jahrgang 1873 S. 215.

daher

$$L = n \,.\, L'$$

oder

$$L : L' = n : 1$$

$$L : L' = n \,.\, p : p$$

d. h. die Leistungen der Gase auf Geschoss und Waffe verhalten sich indirect wie deren Gewichte: je schwerer also das Geschoss im Verhältniss zum Gewehr ist, ein um so grösserer Theil der Pulverwirkung wird durch den Rückstoss absorbirt, also dem eigentlichen Zweck des Schiessens entzogen und auf den Schützen selber zurückgewendet. (v. Pl. N. St. I S. 180.)

Aus dem Ausdruck P v des Masses des Rückstosses folgt, dass bei gleichbleibender Rückstossgeschwindigkeit v der Schulterstoss mit dem Gewicht der Waffe selbstverständlich wächst und bei demselben Gewicht der Waffe dem wachsenden v proportional ist.

Hat das Product P v den die Sicherheit des Schusses nicht beeinträchtigenden Werth Q, so kann P und v variabel sein, vorausgesetzt, dass stets

$$\mathfrak{P} \,.\, \mathfrak{v} = \mathfrak{p} \,.\, \mathfrak{V} = P\,v = Q$$

ist.

Mit abnehmendem P muss der Factor v seinerseits entsprechend wachsen, um dasselbe Product Q weiter zu repräsentiren. Uebersteigt die Rückstossgeschwindigkeit einer leichten Waffe eine gewisse Grenze, so wird also der Schütze beim Schuss durch die leichte Waffe zu sehr belästigt. Eine natürliche Furcht vor dem Stoss der leichten Waffe bewirkt eine andere Stellung und einen anderen Anschlag des Schützen, als sie bei einer schwereren und weniger stossenden Waffe für einen normalen Schuss geboten sind.

Bei der Beurtheilung der Leistung der Pulvergase auf Geschoss und Waffe folgte, dass ein um so grösserer Theil der Pulverwirkung zu Gunsten der Geschossleistung, auf das Geschoss übertragen wird, je leichter das Geschoss gegenüber dem Gewehr ist.

Die Nothwendigkeit eines bestimmten Gewichtsverhältnisses zwischen Geschoss und Waffe wird sofort auch eingesehen, wenn man, in die beiden Extreme übergehend, sich einmal das Geschoss, das anderemal die Waffe als unendlich schwer denkt. Im ersteren Falle wird das Gewehr zum Geschoss, die ganze Wirkung der Gase auf die Waffe übertragen. Im anderen extremen Falle erfährt das Geschoss die ganze erhöhte Leistung, indem die Rückstossgeschwindigkeit gleich Null wird, d. h. die Waffe unbewegt bleibt. Die Präcision des Schusses würde entschieden zunehmen, die Waffe aber den Charakter der tragbaren Handfeuerwaffe verlieren.

Zwischen beiden Extremen muss sich der Schütze mit seiner Waffe befinden. Beide müssen den Gasen eine solche stabile Masse entgegenstellen, dass sich im Interesse des sicheren und ruhigen Gebrauchs der Waffe nur eine geringe Wirkung auf den Schützen überträgt, d. i. ein erträglicher Rückstoss resultirt.

Man ist hiernach darauf angewiesen das Gewicht der Kriegshandfeuerwaffe, soweit es ihr Charakter als tragbare Waffe gestattet, zu erhöhen. Das Maximalgewicht hängt eben davon ab, dass der Mann ohne Ermüdung auf dem Marsch und im Gefecht die Waffe tragen, zum Bajonnetkampf leicht handhaben und zum Schiessen freihändig anschlagen könne.

Das Gewichtsverhältniss von Geschoss und Waffe ohne Bajonnet ist bei den Einladern mit Bleiführung der Geschosse

des ersten — grossen — Kalibers

von 17,5 bis 18,0 mm.: 1 : 115 bis 1 : 123;

des zweiten — mittleren — Kalibers

von 12,0 bis 15,43 mm.: 1 : 122 bis 1 : 181;

des dritten — kleinen — Kalibers

von 11,76 bis 10,40 mm.: 1 : 127 bis 1 : 230. (S. II. Theil dieses Werkes: Construction und Leistung.)

Die nachfolgende Tabelle gibt die Werthe für den Rückstoss (P v) und die Rückstossgeschwindigkeit (v) von 8 verschiedenen Waffen, welche mit Hülfe der oben erwähnten Formel

$$P v = p V \left(1 + \frac{w}{2p}\right)$$

bestimmt wurden.

Bezeichnung der Waffen	Gewicht P der Waffe ohne Bajonnet Kilo.	Geschoss-gewicht gr.	Ladungs-gewicht w gr.	Anfangs-geschwindigkeit V M.	Werth von P v K. M.	Rückstoss-geschwindigkeit v M.	Bemerkungen.
1. Altes glattes Gewehr (dite de muniton)	4,659	27,00	9,00	446	14,0	3,00	Gewöhnliches Pulver.
2. Gezogenes Gewehr M/1857 mit Geschoss M/1863	4,330	36,00	4,50	324	12,4	2,86	desgl.
3. Versuchsgew. v. 11,5 mm. Kaliber	4,000	27,00	5,00	425	12,5	3,12	Pulversorte B: 74 Salpeter; 15 Kohle; 10,5 Schwefel.
4. Chassepotgewehr M/1866; neue Ladung	4,060	24,85	5,50	420	11,6	2,87	desgl.
5. Büchse M/1859	4,475	48,00	5,25	310	15,7	3,50	Gewöhnliches Pulver.
6. Alter Artillerie-Karabiner	2,550	36,00	3,00	280	10,5	4,12	desgl.
7. Gras-Gew. M/1874	4,200	25,00	5,25	455	12,6	2,98	Sorte F 1.
8. Deutsches M/1871	4,500	25,00	5,00	430	10,9	2,41	Metzer Pulver.

Die Prüfung dieser Tabelle führt zu folgenden Ergebnissen:

Da der Werth P v = 12,5 (für P = 4 Kilo und v = 3,12 M.) nach den eingehendsten wiederholten französischen Versuchen mit dem Versuchsgewehr seiner Zeit als zulässig befunden wurde, kann man bei der Feststellung des Modells einer gleich schweren, oder etwas schwereren Waffe von dem Werth P v = 12,5 ausgehen. Die Rückstossgeschwindigkeiten werden immerhin noch erträglich, etwa = 3,12 M. oder etwas geringer. Mit anderen Worten, man könnte, um die günstigsten Verhältnisse zu wählen, das Gewicht von 4 Kilo als ein Minimum und die Rückstossgeschwindigkeit von 3,12 M. als ein Maximum bei der Annahme des constanten Werthes 12,5 für P v betrachten. Die günstigsten Rückstossverhältnisse werden um so sicherer erhalten, wenn man für das Minimalgewicht von 4 Kilo auch für P v

unter der Maximalzahl 12,5 bleibt. (S. De la détermination du calibre dans les armes portatives par J. L. S. 5 etc.) —

Ein Versuch zur Ermittelung des Rückstosses fand in der Schweiz am 22. October 1868 mit Hinterladungsgewehren statt und ist das Resultat aus je 10 Schüssen.

Wenn der Rückstoss des zur Hinterladung umgeänderten Schweizer Jägergewehres gleich 100 gesetzt wird, so geben:

das schweizerische Peabody-Gewehr	103
das österreichische Werndl-Gewehr	108
das preussische Zündnadelgewehr M/62	109
das französische Chassepot-Gewehr	119
das belgische Albini-Brändlin-Gewehr	126
das österreichische Wänzl-Gewehr	126
das schweizerische Infanterie-Gewehr grossen Kalibers	126
das englische Snider-Gewehr	129

IV. Das Prehn'sche mathematische Verfahren.

a. Die Anwendung der Prehn'schen Formeln.

Für diejenigen Leser, welche sich eingehender mit der Herleitung der ballistischen Grössen aus den gegebenen Visirwinkeln der Beschiessung und den Verhältnissen des Geschosses beschäftigen wollen, sind nachstehend die Formeln des Prehn'schen Verfahrens zusammengestellt und ihr Gebrauch kurz angedeutet.

Diejenigen dagegen, welche nur für die Zwecke der dienstlichen Praxis sich mit den Flugbahngrössen und ihren Ermittelungen beschäftigen wollen, ein Interesse und Zeit für eingehenderes Studium nicht haben, mögen dieses Capitel überschlagen. —

1 Die Prehn'schen Formeln.

In den Formeln bedeutet:

k die Luftwiderstands-Constante;
Q das Geschossgewicht;
D den Durchmesser des Geschosses;
A einen gewissen Factor für einen Theil der Geschwindigkeitshöhe;*
g die Acceleration der Schwere;
c die Anfangsgeschwindigkeit;
α den Elevationswinkel;
x u. y die Coordinaten eines Punctes der Bahncurve;
φ den Einfallwinkel;
v die Geschwindigkeit des Geschosses an einer beliebigen Stelle der Bahn;
t die Flugzeit.

Zur Vereinfachung der Gleichungen bezeichnet endlich:

$$u = \frac{x}{k \cos \alpha} \text{ und } r = \frac{g\,k}{c^2}.$$

Sämmtliche Längenmasse sind in Meter, die Gewichte in Kilogramm ausgedrückt.

Die Formeln für die verschiedenen ballistischen Fragen sind:

für die Luftwiderstands-Constante:

$$1)\ k = \frac{\text{Q. Kilo}}{\left(\frac{\text{D. Meter}}{2}\right)^2 \pi} \cdot \frac{823^{**}}{1000\ \text{Kilo}} \cdot 1/A$$

---

* Der Luftwiderstand, den ein Geschoss erleidet ist gleich dem Gewicht einer Luftsäule, deren Basis der grösste Kreis des Geschoss-Querschnitts und deren Höhe ein gewisser Theil der Geschwindigkeitshöhe ist, nämlich derjenigen Höhe, von welcher das Geschoss herabfallen müsste, um am Ende seiner Fallzeit die Geschwindigkeit zu erhalten, welche es im Augenblick besitzt.

** 1 Cubikmeter Wasser wiegt 1000 Kilo; bei 15° R. ist die Luft 823 mal leichter als Wasser, daher das cubische Gewicht von

$$1\ \text{Cubikmeter Luft} = \frac{1000}{823}\ \text{Kilo}$$

$$= \frac{\text{Q. Kilo. 1 M. 1}\square\text{ M.}}{\text{D}^2\ 1\square\text{ M.}} \cdot \frac{4\,.\,823}{\pi\,.\,1000\,.\,1\text{ Kilo}} \cdot 1/A$$

$$= \frac{\text{Q}}{\text{D}^2}\ \frac{4\,.\,823}{\pi\,.\,1000} \cdot \frac{1}{A}\ \text{Meter;}$$

für die Anfangsgeschwindigkeit:

$$2)\ \text{c} = \sqrt{\frac{\text{u}\,(3 + \text{u})\,\text{g}\,.\,\text{k}}{6 \sin \alpha}};$$

für den Visirwinkel:

$$3)\ \sin 2\,\alpha = \frac{\text{g}}{\text{c}^2\,\text{k}} \left(\text{k} + \frac{\text{x}}{3}\right) \text{x};$$

für die horizontale Schusswcite:

$$4)\ \text{x} = \text{k} \cos \alpha \left(-1{,}5 + \sqrt{2{,}25 + \frac{\text{c}^2 \sin \alpha}{\text{g k}}}\right);$$

für den Einfallwinkel:

$$5)\ \text{tg}\,\varphi = \text{tg}\,\alpha - \frac{\text{g k}}{2\,\text{c}^2 \cos \alpha}\ (2 + \text{u})\,\text{u};$$

für die Endgeschwindigkeit:

$$6)\ \text{v} = \frac{\text{c}\,.\cos \alpha}{\cos \varphi\,(1 + \text{u})^{1/2}};$$

für die Flugzeiten:

$$7)\ \text{t} = \frac{\text{x}}{\text{c k}} \left(\text{k} + \frac{\text{x}}{4}\right);$$

für die Abscisse des Culminationspunctes:

$$8)\ \text{x} = \text{k} \cos \alpha \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2\,\text{c}^2 \sin \alpha}{\text{g k}}}\right);$$

für dessen Ordinate:

$$9)\ \text{y} = \text{k} \left(\text{u} \sin \alpha - \frac{\text{r}}{2}\,\text{u}^2 - \frac{\text{r}}{6}\,\text{u}^3\right);$$

Für die Anwendung der von Prehn gegebenen Formeln werden an der Hand dessen vorn mehrfach erwähnten Werkes die nachstehenden kurzen Andeutungen genügen.

2. Die Anfangsgeschwindigkeit.

Zur Ermittelung der Luftwiderstands-Constanten k nehme man für den Theil *A* der Geschwindigkeitshöhe in der Gleichung (1) einen zwischen 0,1 und 0,9 liegenden Werth an. Wird alsdann das so gefundene k in die Gleichung (2) der Anfangsgeschwindigkeit für verschiedene Entfernungen, mithin für verschiedene Visirwinkel eingeführt und zeigen sich die berechneten initialen Geschwindigkeiten c für die einzelnen Distanzen sehr wenig von einander abweichend, so entspricht der Luftwiderstandscoëfficient k dem gegebenen Geschoss.

Stimmen dagegen die gefundenen Anfangsgeschwindigkeiten nicht überein, so ist auch der Luftwiderstandscoëfficient nicht der wirkliche, d. h. die hinsichtlich der Grösse von *A* gemachte Annahme war nicht die richtige. Man muss daher für *A* einen anderen Werth wählen, mit demselben k von Neuem ermitteln, in die Gleichung (2) einsetzen und c wieder für die einzelnen Entfernungen berechnen. Dieses Verfahren ist alsdann so lang fortzusetzen, bis für sämmtliche Distanzen nur wenig differirende Geschwindigkeiten erhalten werden.

So ergibt sich z. B. für das preussische Zündnadelgewehr M/41 mit altem Langblei* für $A = 0{,}115$ die Luftwiderstandsconstante $k = 1529{,}7$ Meter und die Anfangsgeschwindigkeit im Durchschnitt zu 283,9 Meter und zwar von 375 bis 1200 Meter Entfernung mit einer grössten Differenz von 1,4 Meter.

Nach der vorn (S. 5) erwähnten späteren Arbeit Prehn's (Archiv S. 213) ist „das quadratische Luftwiderstandsgesetz nur möglich, wenn die Constante k für alle möglichen Anfangsgeschwindigkeiten unveränderlich ist. In den vorstehenden Formeln ist die Grösse k als unveränderlich angesehen. Der Fortschritt der

---

* In den nachfolgenden Berechnungen ist stets das Zündnadelgewehr **Modell 1841 mit altem Langblei unterstellt.**

Artillerie in der Steigerung der Geschwindigkeiten liess aber bald den Irrthum erkennen, welcher nur in den Grenzen bis etwa c = 350 M. gestattet werden kann. Die grösseren Geschwindigkeiten zeigen, dass die Annahme eines unveränderlichen Werthes von k nicht gemacht werden darf.“

Diese Grenze scheint für die Geschosse der Handfeuerwaffen etwas weiter zu liegen, denn auch mit constantem k ergeben sich bei Grössen von c = 438 M. den Schiessergebnissen vollständig entsprechende Resultate der Rechnung bis zu 1600 M. Entfernung.

3. Die Visirwinkel.

Einen Beweis für die Richtigkeit der gefundenen Anfangsgeschwindigkeit liefert die Uebereinstimmung der aus Gleichung (3) zu errechnenden Visirwinkel mit denjenigen der Beschiessung.

In Folge der Entwickelung von k aus den Verhältnissen des Geschosses (Gewicht und Querschnitt und eines angenommenen Werthes von A) sind die erhaltenen Winkel nunmehr nicht als aus den Schiessergebnissen rückwärts abgeleitet, sondern vielmehr als lediglich aus der Bahngleichung hervorgegangen anzusehen. (Pr. B. S. 23.)

Die gefundenen Grössen der Luftwiderstandsconstanten und der Anfangsgeschwindigkeit werden in Gleichung (3) eingeführt und die Visirwinkel für die verschiedenen Distanzen berechnet.

Bei dem Zündnadelgewehr ergibt die mit den obigen Beträgen von k und c erhaltene, durch den Nullpunct führende Reihe der Abgangswinkel, nur die nachstehenden geringen Differenzen der Winkel der Beschiessung und Berechnung.

Entfernung Meter	Differenz	Entfernung. Meter	Differenz
75	+ 1′ 56″	525	+ 0′ 9″
150	+ 1′ 35″	600	+ 0′ 3″
225	+ 1′ 15″	675	— 0′ 13″
300	+ 0′ 57″	750	— 0′ 21″
375	+ 0′ 29″	825	— 0′ 27″
450	+ 0′ 24″	900	— 0′ 30″

Die grösseren Differenzen der Anfangsdistanzen rühren wohl von den unvermeidlichen Ungenauigkeiten der Ordinaten der preussischen Beschiessung auf nivellirte Stationsscheiben her (S. v. Pl. Neue Studien, 2. Theil S. 276), aus welchen die unbekannten Visirwinkel der Beschiessung erst abgeleitet wurden.* Im Uebrigen sind die Differenzen so unerheblich, dass der Anschluss der Resultate der Rechnung mit denjenigen der praktischen Bestimmung als vollständig gesichert erscheint.

4. Die horizontale Schussweite und Correctur der Visirwinkel.

Bei der Herleitung der Gleichung (3) für den Visirwinkel aus der Balngleichung wird zur Vereinfachung des Ausdrucks einmal cos α vernachlässigt, eine Ungenauigkeit, welche, besonders bei den kleinen Visirwinkeln, die für die gezogenen Feuerwaffen der Infanterie in Betracht kommen, ohne sehr nachtheiligen Einfluss auf das Resultat bleibt.

Um jedoch ein sicheres Urtheil über die Grösse des Fehlers der gefundenen Elevation und zugleich einen Weg der Compensation desselben zu gewinnen, ist es nöthig, mittelst der berechneten Elevation die horizontale Schussweite aus der Gleichung (4) zu bestimmen. (Pr. B. S. 25.)

Erscheinen diese Schussweiten von irgend einer Distanz an, als zu gross oder zu klein, so hat von da ab eine Correctur der Visirwinkel stattzufinden. Der für 750 Meter berechnete Visirwinkel von 2^0 17′ 54″ ergebe z. B. eine um 0,3 Meter zu kurze Schussweite. Wählt man daher den Winkel von 2^0 18, so wird eine solche von 750,13 Meter, also um 0,13 Meter zu gross gefunden. Dieser Visirwinkel bedarf mithin einer wiederholten Correctur. Eine Zunahme um 6 Secunden ergab eine Verlängerung um 750,13 — 749,7 = 0,43 Meter, während eine solche von 0,3 Meter verlangt wird. Die Vergrösserung des ursprünglichen Visirwinkels darf also nur

$$\frac{6}{0{,}43} \cdot 0{,}3 = 4 \text{ Secunden}$$

betragen, wozu die richtige Schussweite von 750,02 Meter resultirt.

---

* S. S. 178 unter III. 4: Die Ermittelung der Visirwinkel aus den Ordinaten einer Beschiessung.

Den ferneren Betrachtungen der ballistischen Fragen wird die so corrigirte Visirwinkelreihe zu Grunde gelegt. —

Für das Zündnadelgewehr ergaben sich sämmtliche Entfernungen so präcis, dass von einer Correctur der Visirwinkelreihe abgesehen werden konnte, indem die grösste Differenz der sein sollenden und der berechneten Schussweiten sich noch nicht auf 0,4 Meter stellte.

5. Die Einfallwinkel.

Die numerische Berechnung der Gleichung (5) ist etwas unbequem. Für den allgemeinen Gebrauch dürfte die in der Praxis seither angewendete Formel

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{x \operatorname{tg} (\alpha - \alpha_1)}{x - x_1}$$

wo α und α_1 die Visirwinkel für die betreffende resp. nächst kleinere Entfernung x und x_1 bedeuten — mit Rücksicht auf den Grad der Genauigkeit, welchen man in der Praxis für die Kenntniss der Einfallwinkel verlangt, den Vorzug haben.

Die Benutzung dieser Formel setzt die Kenntniss der vollständigen Visirwinkelreihe voraus und gibt um so genauere Resultate, je kleiner die Differenz $x - x_1$ ist. Man wird daher nicht die Differenz von 100 Meter, sondern vielleicht nur von 5 Meter wählen und den betreffenden Winkel entweder aus der Visirwinkel-Curve ablesen oder aus der Winkelreihe durch Interpolation, hier Einschieben von 19 Gliedern zwischen zwei der Reihe vorher ermitteln.

Die Differenzen der Ergebnisse der beiden Formeln sind für die Praxis sehr gering und gleichen sich diejenigen der einfacheren Formel noch mehr aus, wenn sie mit Hülfe einer Curve geregelt werden. Bei graphischer Darstellung zeigen die Resultate der umständlicheren Gleichung (5) eine vollständig regelmässige Curve.

Bei den noch vorzunehmenden Ermittelungen erscheint nur der Cosinus der Einfallwinkel, da ferner für die beiden Formeln die Logarithmen jener Cosinus nur von der 4. Decimalstelle an und zwar ganz unbedeutend differiren, so möchte es gleichgültig

sein, welche derselben den weiteren Betrachtungen zu Grunde gelegt wird. Da aber immerhin die Werthe der ersten Gleichung die Einfallwinkel präciser ausdrücken, sind diese zur Prüfung des Prehn'schen Verfahrens beibehalten worden.

Die folgende Tabelle stellt die Einfallwinkel des schweizerischen Infanterie-Gewehrs M/63 (Vorderlader) mit den Visirwinkeln der zweiten Beschiessung von 1864 noch den beiden oben erwähnten und der vorn beim vereinfachten Verfahren gegebenen Formeln (3) berechnet, zusammen:

Distanz Meter	Einfallwinkel nach der Formel: $tg\ \varphi =$		
	$tg\alpha - \frac{g\,k}{2\,c^2}(2+u)\frac{u}{\cos\alpha}$	$\frac{x\ tg\,(\alpha-\alpha_1)}{x-x'}$	$\varphi = \alpha + \frac{n^2\,\delta}{2}$
75	0° 7′ 54″	0° 7′ 53″	0° 7′ 54″
150	0° 18′ 45″	0° 18′ 20″	0° 18′ 43″
225	0° 32′ 39″	0° 32′ 30″	0° 32′ 28″
300	0° 49′ 12″	0° 48′ 20″	0° 49′ 8″
375	1° 8′ 53″	1° 8′ 44″	1° 8′ 46″
450	1° 31′ 27″	1° 29′ 59″	1° 31′ 19″
525	1° 57′ 1″	1° 56′ 38″	1° 56′ 48″
600	2° 25′ 29″	2° 26′ 35″	2° 25′ 13″

Der enge Anschluss der Resultate der vereinfachten Plönies' schen Formel an die der präciseren Berechnung mit der Formel der Bahngleichung dürfte deren vorzugsweise Verwendung in allen Fällen der Theorie und Praxis hinreichend begründen.

6. Die Geschwindigkeit an jedem beliebigen Puncte der Bahn.

Mit Hülfe dieser Einfallwinkel sind nunmehr nach der Gleichung (6) die Endgeschwindigkeiten herzuleiten.

Die von Prehn weiter angegebene Gleichung

$$v = \frac{c \cdot \cos\alpha}{\frac{u}{e^2\cos\alpha}}$$

liefert von der ersteren so abweichende Resultate, dass dieselbe aus den nachstehenden Gründen für Handfeuerwaffen nicht massgebend sein kann.

Für die Entwicklung der verschiedenen ballistischen Gleichungen hat man sich der Einfachheit wegen mit den drei ersten Gliedern der Flugbahngleichung begnügt, so dass also

$$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g}{2} \frac{x^2}{c^2 \cos^2 \alpha} - \frac{g}{6} \frac{x^3}{c^2 \cos^3 \alpha \, k}$$

ist. Die beiden ersten Glieder drücken die Gleichung der Bahn im luftleeren Raum als Parabel aus.

Die Vernachlässigung der übrigen Glieder der Flugbahngleichung wird von um so unbedeutenderem Einfluss auf das Resultat sein, je stärker die Convergenz dieser Reihe ist.

Die Resultate der Gleichungen, welche aus eben diesem dreigliederigen Ausdrucke hergeleitet wurden, schliessen sich nun mit einer grossen Genauigkeit an die Erfahrungen der Praxis an. Wollte man daher, dieses in's Auge gefasst, für die Betrachtung der ballistischen Fragen. Gleichungen zu Grunde legen, in welchen die unendliche Anzahl Glieder jener Reihe der Bahngleichung vertreten sind. so müsste aber auch andererseits eben diese unendliche Reihe der Bedingung einer sehr raschen Convergenz entsprechen, um gleiche Resultate, wie jene drei ersten Glieder zu erzielen.

Diejenigen Ausdrücke, durch welche sich die beiden Formeln

$$v^2 = \frac{c^2 \cos^2 \alpha}{e^u \cos^2 \varphi} \text{ und } v^2 = \frac{c^2 \cos^2 \alpha}{(1 + u) \cos^2 \varphi}$$

unterscheiden, nemlich durch e^u gegenüber $1 + u$, müssten daher nothwendiger Weise nahezu einander gleich sein.

Für das schweizerische Infanterie-Gewehr M/1863 mit dem Geschoss Buholzer ist für 600 Meter Entfernung

$$u = 2{,}7426,$$

es müsste also

$$e^u = 2{,}7182817^{2{,}7426} = 1 + u = 1 + 2{,}7426 = 3{,}7426$$

sein.

Nun ist aber

$$e^u = 2{,}7182818^{2{,}7426} = 15{,}5273.$$

Die Grössen e^u und $1 + u$ sind daher sehr verschieden und können desshalb auch aus beiden Formeln keine gleiche oder auch nur annähernd gleiche Resultate zum Vorschein kommen.

Die Formel, welche die unendliche Anzahl Glieder der Reihe enthält, kann mithin für die gezogenen Feuerwaffen der Infanterie keine Anwendung finden, da diejenigen Ausdrücke, welche schon mit dem dritten Gliede der Flugbahngleichung abschliessen, der Praxis sich genau anschliessende Resultate ergeben. Aus demselben Grunde kann auch die von Prehn versuchte graphische Lösung, welche auf dieser Voraussetzung beruht, für die Handfeuerwaffen nicht benutzt werden.

Auch die weiter vereinfachte Formel

$$v = \frac{c \cos \alpha}{\left(1 + \frac{u}{2}\right) \cos \varphi}$$

ist ebenso unanwendbar, wenn sich auch ihre Resultate den erst erhaltenen mehr nähern, als diejenigen der zweiten Formel.

7. Die Flugzeiten.

Die seither für kleine Visirwinkel benutzte Gleichung

$$t = \frac{2k}{c}\left(e^{\frac{u}{2}} - 1\right)$$

ist für die gezogenen Feuerwaffen der Infanterie nicht anwendbar, weil in derselben wieder der die unendliche Anzahl Glieder der Flugbahngleichung repräsentirende Ausdruck $e^{\frac{u}{2}}$ erscheint.

Die Gleichung (7) ist einfacher und für die Ausführung der Rechnung weit bequemer, als die auch aus der Flugbahngleichung hergeleitete

$$t = \frac{k}{c}\left(1 + \frac{u}{4}\right) u.$$

8. Die Coordinaten des Culminationspunctes.

Die durch Einführung der Visirwinkel in die Gleichung (8) ermittelten Abscissen der Culminationspuncte, in die Gleichung der Flugbahn eingesetzt. ergeben die Ordinaten derselben. Einfacher führt die Benützung der Gleichung (9) zur Bestimmung der Ordinaten des Culminationspunctes.

Wird die Abscissengleichung (8) in die Form

$$\frac{x}{k \cos \alpha} = -1 + \sqrt{1 + \frac{2 c^2}{g k} \cos \alpha}$$

gebracht und bedacht, dass $\frac{x}{k \cos \alpha}$ nichts anders, als das in der Ordinatengleichung (9) mehrfach auftretende u ist, das für die Abscisse schon berechnet wurde, so ergibt sich durch diese Umformung der Gleichung eine wesentliche Vereinfachung zur Bestimmung der Culminationsordinate.

Zur Vergleichung der Resultate der Rechnung liegt eine preussische Beschiessung des Zündnadelgewehrs M/41 gegen nivellirte Stationsscheiben vor. (v. Pl. N. St. II S. 276 Tafel 4.) Für die Bahnen von 226 und 452 Meter sind daselbst die höchsten Ordinaten zu 0,774 und 3,348 Meter angegeben; mit der Berücksichtigung, dass diese Grössen nur eben die höchsten Ordinaten, nicht aber den Scheitel der Bahnen selbst bezeichnen, stimmen diese Angaben genau mit den Resultaten der Berechnung von 0,826 und 3.537 Meter. Auch die höchste Ordinate der Bahn von 600 Meter gibt jene Beschiessung an und zwar zu 7,088 Meter, während die Rechnung den Culminationspunct nur zu 6,56 Meter erscheinen lässt. Nach v. Pl. Z. G. S. 102, Tafel 4 wird indessen bemerkt, dass diese Grösse auf einer irrigen Mittheilung beruhe und daselbst zu 6,649 Meter angegeben.

9. Die Ordinaten der Bahn.

Mit Hülfe der umgeformten Ordinaten-Formel (9) lassen sich auch sämmtliche Ordinaten der einzelnen Bahnen berechnen.

Zu dem Ende sind aber für die Gleichung (9) diejenigen

$$u = \frac{x}{k \cos \alpha}$$

der einzelnen Zwischendistanzen unter Anwendung des Visirwinkels derjenigen Bahn zu ermitteln, deren einzelne Ordinaten gerade gesucht werden.

Werden als Beispiel die Ordinaten der Bahn von 600 Meter für die Zwischenentfernungen von 100 zu 100 Meter berechnet, so ist in der obigen Gleichung α, als Visirwinkel für 600 Meter constant zu lassen, so dass als einzige variable Grösse nur x erscheint.

Dieses Verfahren ist jedenfalls sehr unbequem und zeitraubend; einfacher erreicht man ebenso zutreffende Resultate, wenn die Flugbahn als eine Parabel betrachtet wird. (S. oben das vereinfachte Verfahren S. 51 etc.)

10. Das Maximum des bestrichenen Raums.

Die Berechnung des Maximums des bestrichenen Raums ergibt sich aus den folgenden Betrachtungen.

Wird die Coordinatengleichung der Bahn*

$$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g x^2}{2 c^2 \cos^2 \alpha} - \frac{g x^3}{6 c^2 \cos^3 \alpha \, k}$$

differentiirt, so ergibt der erste Differentialquotient

$$\frac{d y}{d x} = \operatorname{tg} \alpha - \frac{g x}{c^2 \cos^2 \alpha} - \frac{g x^2}{2 c^2 \cos^3 \alpha \, k}$$

die Tangente des Einfallwinkels φ.

Für den Culminationspunct der Bahn wird die Tangente dem Horizonte parallel, also der Winkel φ gleich Null, daher

$$0 = \operatorname{tg} \alpha - \frac{g x}{c^2 \cos^2 \alpha} - \frac{g x^2}{2 c^2 \cos^3 \alpha \, k}$$

Diesem Culminationspuncte der Bahn entspricht nun die bestimmte Abscisse x, welche sich aus der letzten Gleichung ableitet zu

$$x = -k \cos \alpha + \cos \alpha \sqrt{k \left(k + \frac{2 c^2 \sin \alpha}{g} \right)}$$

* Die nachstehenden Ermittelungen des Maximums des bestrichenen Raums aus der Flugbahngleichung habe ich im 70. Bande des Archiv's für die Artillerie- und Ingenieur-Officiere des deutschen Reichsheeres S. 240 bereits 1871 niedergelegt.

Wird nun diese Abscisse x des Culminationspunctes — ausgedrückt durch α, c, k und g — in die Coordinatengleichung der Bahn eingeführt und gleichzeitig die Ordinate y des Culminationspunctes der Bahn, welche eine Horizontale auf Mannshöhe tangirt, gleich der halben Mannshöhe $= \frac{h}{2}$ gesetzt (die Visirlinie horizontal auf der Mitte des Gegners), so erscheint in der so umgeformten Coordinatengleichung nur noch die Unbekannte $\sin \alpha$. Der Winkel α wird daher der Visirwinkel für das Maximum des bestrichenen Raums, d. i. für die Visir- oder Kernschussweite sein.

Löst man nun, nachdem die erwähnte Substitution von x und y vorgenommen ist, die Gleichung in Bezug auf $\sin \alpha$ auf, so gelangt man zu der cubischen Gleichung

$$o = -h\left(\frac{h}{4} + \frac{g\,k^2}{3\,c^2}\right) - h\,k \sin \alpha + \frac{k^2}{3} \sin^2 \alpha + \frac{8\,c^2\,k}{9\,g} \sin^3 \alpha.$$

Ist hieraus der Visirwinkel α entwickelt, so ergibt sich alsbald das Maximum des bestrichenen Raums, nämlich das x des Geschossaufschlags auf dem Boden, wenn man das gefundene α und die Ordinate $y = -\frac{h}{2}$ in die ursprüngliche Coordinatengleichung der Bahn einsetzt und dann in Bezug auf x auflöst.

Die hieraus folgende weitere cubische Gleichung

$$o = \frac{h}{2} + tg\,\alpha \,.\, x - \frac{g}{2\,c^2 \cos^2 \alpha} x^2 - \frac{g}{6\,c^2 \cos^3 \alpha\, k} x^3,$$

enthält nur noch die Unbekannte x, das Maximum des bestrichenen Raums.

Die Auflösungen dieser cubischen Gleichungen sind unbequem, ergeben sich aber verhältnissmässig einfach und leicht mittelst der Umkehrung der Reihen, nach dem Verfahren des Herrn Oberst Kerz, Commandeur der Grossherzoglich Hessischen Gendarmerie, niedergelegt in seinem Werke: „Die allgemeine Umkehrung der Reihen, nebst Anwendung derselben auf die

vollständige Lösung numerischer Gleichungen. Giessen. Ernst Heinemann 1850".

Die Auflösung der letzteren cubischen Gleichung kann auch dadurch umgangen werden, dass man mit Hülfe des aus der ersten Gleichung hervorgegangenen Visirwinkels des Maximums des bestrichenen Raums, nach den früheren Prehn'schen Formeln (4 und 5) die horizontale Schussweite und den Einfallwinkel berechnet und durch letzteren alsdann den bestrichenen Raum hinter dem Ziele nach dem jetzt folgenden Verfahren entwickelt.

Die Differenz der Resultate der beiden Verfahrungsweisen ist für den praktischen Werth der Kenntniss des Maximums des bestrichenen Raums so sehr gering, dass in Berücksichtigung der Einfachheit der letztere Weg vorzuziehen ist.

11. Der bestrichene Raum jenseits des Maximums.

Die oben hergeleitete cubische Gleichung

$$o = \frac{h}{2} + tg\ \alpha\ .\ x - \frac{g}{2\ c^2\ \cos^2\ \alpha}\ .\ x^2$$

$$- \frac{g}{6\ c^2\ \cos^3\ \alpha\ k}\ .\ x^3$$

kann auch zur Bestimmung des bestrichenen Raums auf den einzelnen Entfernungen benutzt werden. In der vorstehenden Form gibt sie für den Visirwinkel α einer bestimmten Entfernung den Geschossaufschlag hinter dem Ziel an, mithin die Totalschussweite. Die Differenz dieser und der dem Visirwinkel α zugehörigen horizontalen Schussweite bezeichnet die Grösse des bestrichenen Raums **hinter** dem Ziel.

Wird aber in der Gleichung statt der obigen negativen halben Mannshöhe diese Grösse positiv eingeführt, so berechnet die Gleichung:

$$o = -\frac{h}{2} + tg\ \alpha\ .\ x - \frac{g}{2\ c^2\ \cos^2\ \alpha}\ x^2 - \frac{g}{6\ c^2\ \cos^3\ \alpha\ k}\ x^3$$

nunmehr die der Ordinate $+\frac{h}{2}$ entsprechende Abscisse, deren

Differenz mit der erwähnten horizontalen Schussweite den bestrichenen Raum **vor** dem Ziel gibt.

Da indessen die Resultate von den bei dem vereinfachten Verfahren gefundenen Beträgen, ausserordentlich wenig verschieden sind, dürften Letztere für die Praxis als hinlänglich genau bezeichnet werden, um die umständlichere Lösung zweier cubischer Gleichungen vermeiden zu sollen.

b. Die Vergleichung des Prehn'schen und des vereinfachten Verfahrens.

Die Grundlagen der Prehn'schen Methode zur Beantwortung der verschiedenen ballistischen Fragen bilden ausser der durch die Beschiessung erhaltenen Abgangswinkelreihe, das Gewicht und der Querschnitt des Geschosses. Wenn auch ihre Gleichungen in der möglichst vereinfachten Form dargestellt wurden, so sind dieselben doch immerhin noch so complicirt, dass auch ein gewandter Rechner viel Zeit und Arbeit zu ihrer Lösung bedarf. Die aus der Bahngleichung weiter entwickelten Formeln für das Maximum des bestrichenen Raums und die bestrichenen Räume überhaupt, für welche Prehn direct keine Formeln angibt, führen ausserdem zu der noch umständlicheren Lösung von Gleichungen des dritten Grades. Wenn nun auch die Prehn'sche Methode entschieden einen bleibend hohen wissenschaftlichen Werth hat, so ist sie also doch in ihrer Anwendung für die Praxis des Truppenofficiers unverkennbar zu beschwerlich und umständlich.

Das aus der Prehn'schen Methode hergeleitete vereinfachte Verfahren der leichten und sicheren Bestimmung der Einfallwinkel und Scheitelordinaten nach den von Plönnies'schen Formeln 3 und 6 gründet dagegen sich lediglich nur auf die Kenntniss der Abgangswinkel, welche eine durch den Nullpunct führende arithmetische Reihe der zweiten Ordnung darstellen, eigentlich nur auf die Kenntniss des Abgangswinkels für die erste Distanz und auf die zweite gleiche Differenz dieser Winkelreihe.

Für diese beiden von Plönnies'schen und einige weiter hergeleiteten sehr einfachen Formeln ist der Gebrauch der Lo-

garithmen ganz entbehrlich; desgleichen auch nach dem Hinweis des Königlich bayerischen Premier-Lieutenants im 10. Jäger-Bataillon Herrn Emmerich beziehlich der Bestimmung der in Frage kommenden trigonometrischen Functionen, Sinus und Tangenten, für die schon früher bekannten einfachen Formeln 8 etc. zur Berechnung der Flugbahn-Ordinaten. Die Entwickelung der noch übrigen Flugbahngrössen: die Abscisse des Culminationspunctes, die Feststellung der verschiedenen Flugbahngrössen des Maximums des bestrichenen Raums und die bestrichenen Räume vor und hinter dem Ziel überhaupt, finden ihre eben so einfache, als mit der mathematischen Herleitung übereinstimmende Lösung durch die graphische Ermittelung, wie weiter vorn an dem ausgeführten Beispiele dargelegt ist.

Dieses auf die einfachsten Voraussetzungen basirte Verfahren dürfte daher sowohl für die theoretischen, als auch für die praktischen Betrachtungen beim Schiessen mit Handfeuerwaffen zu empfehlen sein, ganz insbesondere aber stets für alle Fälle der Praxis ausreichen und den Vorzug beanspruchen können, bei vollkommen hinreichender Genauigkeit den jungen Officier mit der geringsten Mühe und der Vorbedingung der einfachsten mathematischen Kenntnisse in das Gebiet der Theorie des Schiessens mit dem vollsten und leichtesten Verständniss einzuführen. —

V. Anhang.

Zusammenstellung einiger modificirter Formeln des vereinfachten Verfahrens und anderer Formeln zur Berechnung der Flugbahngrössen.

In der mathematischen Herleitung des vereinfachten Verfahrens sind nur die Formeln angegeben, auf welche sich dasselbe basirt, und zwar nur für die jetzt üblichen Distanzen in Meterhunderten.

Die Umbildung der Formeln für die Distanzen in Schritthunderte u. s. w., sowie einige andere übliche Verfahrungsweisen

zur Berechnung der Flugbahngrössen sollen zur Vervollständigung nachstehend Aufnahme finden.

1. Die Abgangswinkel.

Soll die arithmetische Reihe zweiter Ordnung der Abgangswinkel für Meterhunderte aus den für Schritthunderte zu 75 Meter bekannten Winkeln bestimmt werden, so ergibt sich dieselbe kurzer Hand durch folgende Erwägungen:

Die Abgangs- und Einfallwinkel α und φ für Meter- und Schrittdistanzen* seien bezeichnet durch α^M, φ^M und α^*, φ^*.

Aus der Formel 3 für den Einfallwinkel der Distanz n . 100 Meter:

$$\varphi_n = \alpha_n + \frac{n^2\ \delta}{2}$$

und unter der Berücksichtigung, dass 300 Meter = 400 Schritt zu 75 cm. sind, folgt also, da

$$\alpha_3^M = \alpha_4^* \text{ und } \varphi_3^M = \varphi_4^*,$$

dass

$$\alpha_3{}^M + \frac{3^2\ \delta^M}{2} = \alpha_4{}^* + \frac{4^2\ \delta^*}{2}$$

ist, oder

$$3^2\ \delta^M = 4^2\ \delta^*$$

und hieraus

$$\delta^* : \delta^M = 3^2 : 4^2.$$

d. h. die zweiten Differenzen der Abgangswinkelreihe einer Waffe für Distanzen von **Schritt**hunderten zu 75 Meter verhalten sich zu den zweiten Differenzen der Abgangswinkelreihe derselben Waffe, jedoch für Distanzen in **Meter**hunderten, wie die Quadrate des Grössenverhältnisses der Distanzeinheiten, also wie $3^2 : 4^2$,
so dass für Meterdistanzen

$$\delta^M = \frac{16}{9}\ \delta^* = 1{,}777\ \delta^* \qquad 17.$$

---

* Für die Folge sind Schritt durch * bezeichnet.

ist, wenn δ^* das bekannte δ für Schrittdistanzen bezeichnet.

Für die Seite 36 betrachtete Winkelreihe ist daher

$$\delta^M = 1{,}777 \,.\, \delta^*$$

$$= 1{,}777 \,.\, 1{,}07$$

$$= 1{,}90139$$

oder rund

$$= 1{,}9 \text{ Minuten.}$$

Unter Anwendung der Formel 2 ergibt sich aus dem Abgangswinkel von 400 Schritt, welcher gleich dem für 300 Meter der Reihe in Meterdistanzen ist, das erste Glied dieser letzteren zu

$$\alpha_1^M = \frac{\alpha_1^* - \frac{3\,(3-1)}{1\,.\,2}\,.\,1{,}9}{3}$$

$$= \frac{37{,}58 - 3\,.\,1{,}9}{3}$$

$$= 10{,}626 \text{ Minuten.}$$

Mit diesen beiden Grössen α_1^M und δ^M lässt sich nun sofort präcis die Abgangswinkelreihe für Distanzen in Meterhunderten anschreiben, und zwar für

0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	Mtr. zu
0	10,626	23,152	37,578	53,904	72,130	92,256	114,282	138,208	164,034	Min.
	10,626	12,526	14,426	16,326	18,226	20,126	22,026	23,926	25,826	
	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9		

Umgekehrt ist für den Uebergang von der ursprünglichen Abgangswinkelreihe für Meterdistanzen zu derjenigen für Schrittdistanzen zu 75 cm., dann

$$\delta^* = 0{,}5625\ \delta^M \text{ Minuten,} \qquad 18.$$

wenn δ^M das bekannte δ für Meterdistanzen ist. —

2. Die Einfallwinkel.

Die von Siegfried benutzte Formel geht für Schrittdistanzen zu 75 cm. über in

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{y_{x-1} + y_{x+1}}{150} \qquad 19.$$

3. Die Scheitelordinaten.

Sollen die Scheitelordinaten für Schrittdistanzen zu 75 cm. ausgedrückt werden, so geht die Formel 6** über in

$$y = 2{,}727\ n\ (\alpha_n^* + \varphi_n^*)\ \text{mm.} \qquad 20.$$

$$= \frac{n\ (\alpha_n^* + \varphi_n^*)}{0{,}3667}\ \text{mm.}$$

(Vergleiche v. Pl. & Wgd. D. G. S. 249, 264.)

** Die Richtigkeit dieser von Plönnies empirisch ermittelten Formel 6 (s. S. 45) leitet sich aus der allgemeinen Gleichung der Bahn ab unter Berücksichtigung der früheren Bemerkung (s. S. 41) hinsichtlich der Reihen-Entwickelung.

Aus der Bahngleichung entwickelt sich

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \alpha - \frac{g}{c^2} x - \frac{g}{2\,c^2\,k} x^2;$$

statt $\operatorname{tg} \alpha$ setze man α; am Culminationspunct ist $\operatorname{tg} \varphi = 0$, also ergibt sich die Abscisse x_0 des Scheitels aus der Gleichung

$$x_0^2 + 2\,k\,x_0 - \frac{2\,c^2\,k}{g}\,\alpha = 0;$$

hieraus folgt

$$x_0 = -\,k + \sqrt{k^2 + \frac{2\,c^2\,k^2}{g\,k}\,.\,\alpha}$$

oder

$$x_0 = k\left(-\,1 + \sqrt{1 + \frac{2\,c^2}{g\,k}\,\alpha}\right)$$

Die Wurzel in eine Reihe entwickelt, ist

$$x_0 = k\left(-1 + 1 + \frac{c^2}{g\,k}\,\alpha - \frac{c^4\,\alpha^2}{4\,g^2\,k^2}\right),$$

oder

$$x_0 = \frac{c^2}{g}\,\alpha - \frac{c^4}{4\,k\,g^2}\,\alpha^2.$$

4. Die Flugbahnordinaten.

Einfach lassen sich auch die Ordinaten unmittelbar aus den Fallhöhen, d. h. den Tangenten der Abgangswinkel, insbesondere mit der abgekürzten Berechnung der trigonometrischen Functionen, Sinus und Tangenten, der betreffenden Winkel, bestimmen.

Nunmehr für α den früher gefundenen Werth (S. 41)

$$\alpha = \frac{g}{2\,c^2}\,x + \frac{g}{4\,k\,c^2}\,x^2$$

eingesetzt, so ist die Abscisse des Culminationspunctes

$$x_0 = \frac{x}{2} + \frac{5}{48}\cdot\frac{x^2}{k}\,.$$

Hierzu gehört die Ordinate des Culminationspunctes

$$y_0 = x_0\ \mathrm{tg}\ \alpha - \frac{g}{2\,c^2\cos^2\alpha}\,x_0^2,$$

$$= \frac{x}{2}\,\mathrm{tg}\,\alpha + \frac{5}{48}\cdot\frac{\mathrm{tg}\ \alpha}{k}\,x^2 - \frac{g}{2\,c^2\cos^2\alpha}\,x^2;$$

für $\mathrm{tg}\ \alpha$ oder α den obigen Werth eingesetzt, so ist unter Vernachlässigung der von k abhängigen höheren Glieder

$$y_0 = \frac{g}{8\,c^2}\cdot x^2$$

oder da $x = 100\ n$ ist

$$y_0 = \frac{g}{8\,c^2}\ 100^2\,.\,n^2.$$

Ferner wurde früher gefunden (S. 42)

$$\alpha + \varphi = \frac{g}{c^2}\,x + \frac{g}{2\,c^2\,k}\,x^2$$

oder

$$\alpha_n + \varphi_n = \frac{g}{c^2}\ 100\,.\,n + \frac{g}{2\,c^2\ k}\,.\,100^2\ n^2$$

Hieraus ergibt sich unter Vernachlässigung des letzten Gliedes

$$y_0 = \frac{100\ n}{8}\ (\alpha_n + \varphi_n)\,.$$

Für die Bahn a b c d e von 600 Meter (Fig. 46) ist e f $=$ 600 tg α_6, deren Endfallhöhe. Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke

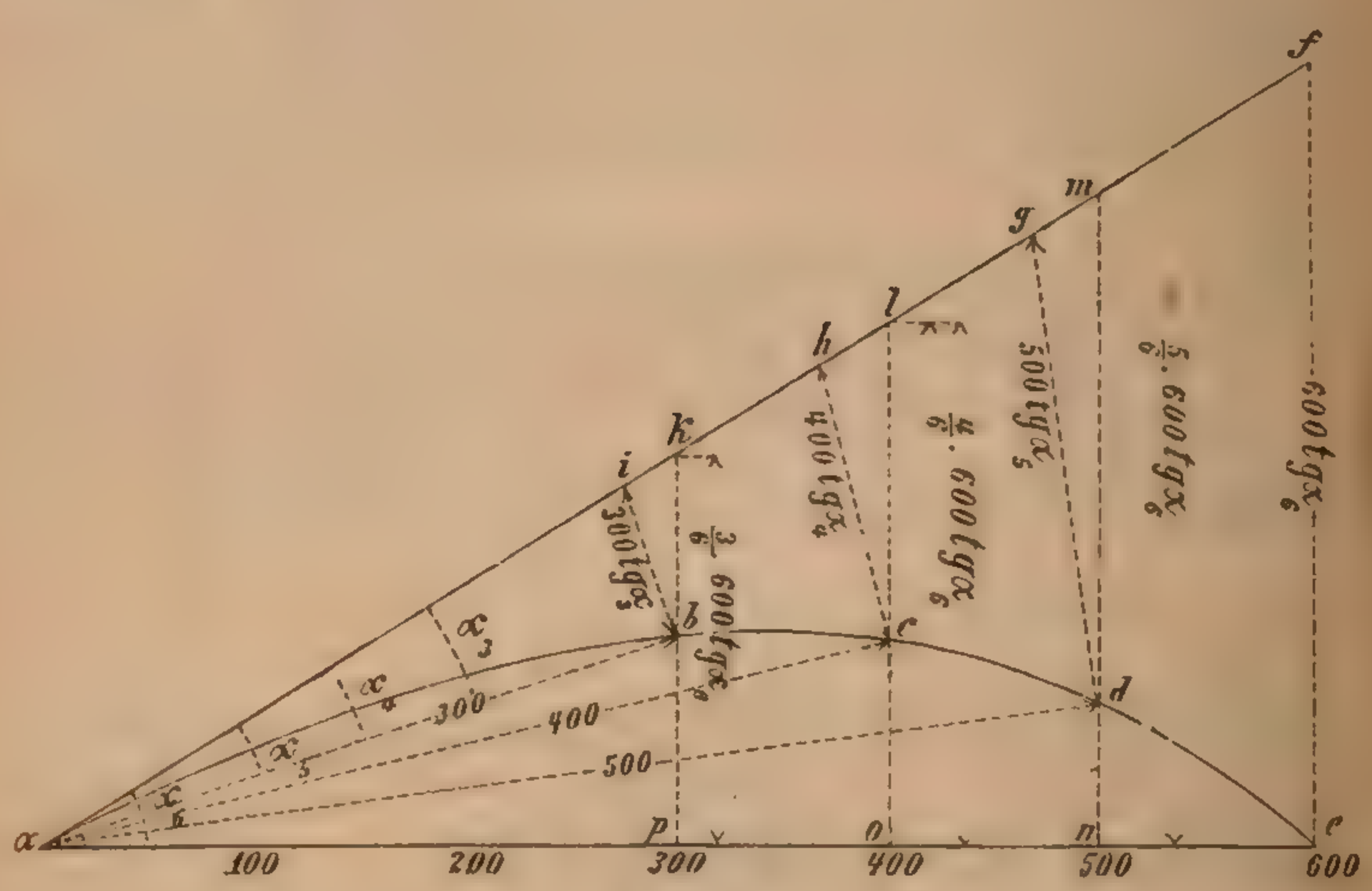


Fig. 46.

Soll y in Millimeter und $(\alpha_n + \varphi_n)$ in Bogenmass nach der Sexagesimaleintheilung für Schrittdistanzen zu 75 cm. ausgedrückt werden, so ist

$$y_o^* = y \frac{4}{3 \cdot 100} \text{ mm.}$$

und

$$\alpha^* + \varphi^* = \frac{(\alpha^* + \varphi^*)\ 60}{206264{,}8^{**}}$$

und die obige Formel verwandelt sich in

$$\frac{y \cdot 4}{3000} = \frac{n \cdot 100}{8} (\alpha_n^* + \varphi_n^*) \frac{60}{206264{,}8}$$

oder

$$y = 2{,}727\ n\ (\alpha_n^* + \varphi_n^*) \text{ mm.}$$

$$= n \left(\frac{\alpha_n^* + \varphi_n^*}{0{,}3667} \right) \text{ mm.}$$

** 206264,8 bezeichnet den Radius des Kreises in Secunden.

a e f ~ a n m ~ a o l ~ a p k etc. folgt

$$mn = \tfrac{5}{6}\, ef = \tfrac{5}{6} \cdot 600\ \mathrm{tg}\ \alpha_6$$

$$lo = \tfrac{4}{6}\, ef = \tfrac{4}{6} \cdot 600\ \mathrm{tg}\ \alpha_6$$

$$kp = \tfrac{3}{6}\, ef = \tfrac{3}{6} \cdot 600\ \mathrm{tg}\ \alpha_6 \text{ u. s. w.}$$

Nach der vorn mehrerwähnten Voraussetzung ist

$$an = ad = 500 \text{ Meter}; \quad ao = ac = 400 \text{ Meter}$$

$$ap = ab = 300 \text{ Meter u. s. w.}$$

Ferner ist

$$dg = 500\ \mathrm{tg}\ \alpha_5;$$

$$ch = 400\ \mathrm{tg}\ \alpha_4;$$

$$bi = 300\ \mathrm{tg}\ \alpha_3; \text{ u. s. w.}$$

In Anbetracht des in Wirklichkeit sehr geringen Unterschiedes von dg und dm, von ch und cl; von bi und bk u. s. w. kann ohne erheblichen Fehler gesetzt werden

$$md = gd = 500\ \mathrm{tg}\ \alpha_5; \quad lc = hc = 400\ \mathrm{tg}\ \alpha_4$$

$$kb = ib = 300\ \mathrm{tg}\ \alpha_3 \text{ u. s. w.}$$

Die Ordinaten in Meter bestimmen sich daher zu:

$$dn = mn - md = \frac{5}{6} \cdot 600\ \mathrm{tg}\ \alpha_6 - 500\ \mathrm{tg}\ \alpha_5$$

$$co = lo - lc = \frac{4}{6} \cdot 600\ \mathrm{tg}\ \alpha_6 - 400\ \mathrm{tg}\ \alpha_4$$

$$bp = kp - kb = \frac{3}{6} \cdot 600\ \mathrm{tg}\ \alpha_6 - 300\ \mathrm{tg}\ \alpha_3$$

u. s. w.

Für die Distanz $x = n \cdot 100$ Meter sind mithin allgemein die einzelnen Ordinaten der Zwischendistanzen in Meter:

$$y_1 = \frac{1}{n} x \operatorname{tg} \alpha_x - 100 \operatorname{tg} \alpha_1$$

$$y_2 = \frac{2}{n} x \operatorname{tg} \alpha_x - 200 \operatorname{tg} \alpha_2$$

$$y_3 = \frac{3}{n} x \operatorname{tg} \alpha_x - 300 \operatorname{tg} \alpha_3 \qquad 21.$$

und endlich

$$y_{n-1} = \frac{n-1}{n} x \operatorname{tg} \alpha_x - (n-1)\, 100 \operatorname{tg} \alpha_{n-1},$$

Zur Berechnung der Ordinaten der Bahn von n . 100 Meter (Schritt etc.) in Meter auf den einzelnen Zwischendistanzen ist für die erste Zwischendistanz von 1/n der Endfallhöhe der in Frage stehenden Bahn die Fallhöhe derjenigen von 1 . 100 Meter abzuziehen; für die 2., 3., 4. etc. (n — 1). Zwischendistanz von $\frac{2}{n}$, $\frac{3}{n}$, $\frac{4}{n}$ etc. $\frac{n-1}{n}$ jener Fallhöhe, die Fallhöhen der Bahnen von 2 . 100, 3 . 100, 4 . 100 etc. (n— 1) . 100 Meter abzuziehen.

Zur Beurtheilung des Werthes der angedeuteten Wege der Ermittelung der Ordinaten sind deren Resultate für die Bahn von 600 Meter des Geschosses Buholzer (v. Pl. N. St. II S. 184. Fig. 55) von 10,2 mm. Kaliber des früheren schweizerischen Infanterie-Vorderladungsgewehres M/1863 vom Kaliber 10,44 mm. zusammengestellt und demselben die dortigen Angaben beigefügt.

Aus nachstehender Vergleichung geht die Identität der Resultate der Formeln 8 und 21, auch wenn die Logarithmen nicht benutzt werden, hervor, an welche sich hinlänglich genau die Ergebnisse der Schweizer Berechnung anschliessen.

Entfernung in Meter	Erhebungen der Bahn über die horizontale Visirlinie nach der Ordinatengleichung der Bahn mittelst des Prehn'schen Verfahrens.	dem Sinus der Differenzwinkel (Formel 8.) a. mit Benutzung der Logarithmen	dem Sinus der Differenzwinkel (Formel 8.) b. ohne Benutzung der Logarithmen	den Fallhöhen (Formel 21.) a. mit Benutzung der Logarithmen	den Fallhöhen (Formel 21.) b. ohne Benutzung der Logarithmen	den Schweizer Angaben
75	1,993	1,992	1,979	1,993	1,986	1,98
150	3,609	3,608	3,589	3,611	3,596	3,60
225	4,752	4,751	4,731	4,755	4,737	4,74
300	5,263	5,325	5,307	5,331	5,310	5,34
375	5,232	5,234	5,220	5,240	5,208	5,31
450	4,377	4,380	4,327	4,386	4,370	4,47
525	2,664	2,667	2,664	2,672	2,660	2,76
600	0	0	0	0	0	0

Da nun eine sehr weitgehende Genauigkeit bei der praktischen Ermittlung der Treffpuncte gar nicht erreicht werden kann; da ferner besonders die beiden letzten Verfahrungsweisen von ähnlichen Voraussetzungen ausgehen; da weiter die Bestimmungen aus den Fallhöhen den Gebrauch der Logarithmen zur Bequemlichkeit des Rechners für die genaueren Resultate etwas beschränkt und endlich die Herleitung aus den Sinus der Differenzwinkel mit Hülfe der abgekürzten Berechnung der trigonometrischen Functionen die Logarithmen besonders für die Beantwortung der Fragen der Praxis in hinreichend genauen Annäherungswerthen, ganz entbehrlich macht; so können mit gleicher Richtigkeit die Fallhöhen oder die Sinus der Differenzwinkel benutzt werden.

Die Sinus der Differenzwinkel geben der richtigen Curve näher kommende Resultate, doch ist der Unterschied nicht erheblich im Vergleich zu der unvermeidlichen Ungenauigkeit der Beobachtungen, welche beiden Rechnungen zu Grunde liegen. (v. Pl. N. St. II. S. 111.)

5. Die bestrichenen Räume.

Genügt es annähernd den ganzen bestrichenen Raum R + R, vor und hinter dem Ziel zu kennen, ist H die ganze Zielhöhe und wird das letzte Bahnstück AB (Fig. 47) als gerade Linie

angesehen, so folgt aus den ähnlichen Dreiecken a b c und A B C

$$b\,c : a\,c = BC : AC$$

$$(R + R_{,}) : H = 200 : (y_{x-100} + y_{x+100})$$

daher

$$R + R_{,} = \frac{200\,H}{y_{x-100} + y_{x+100}} \qquad 22.$$

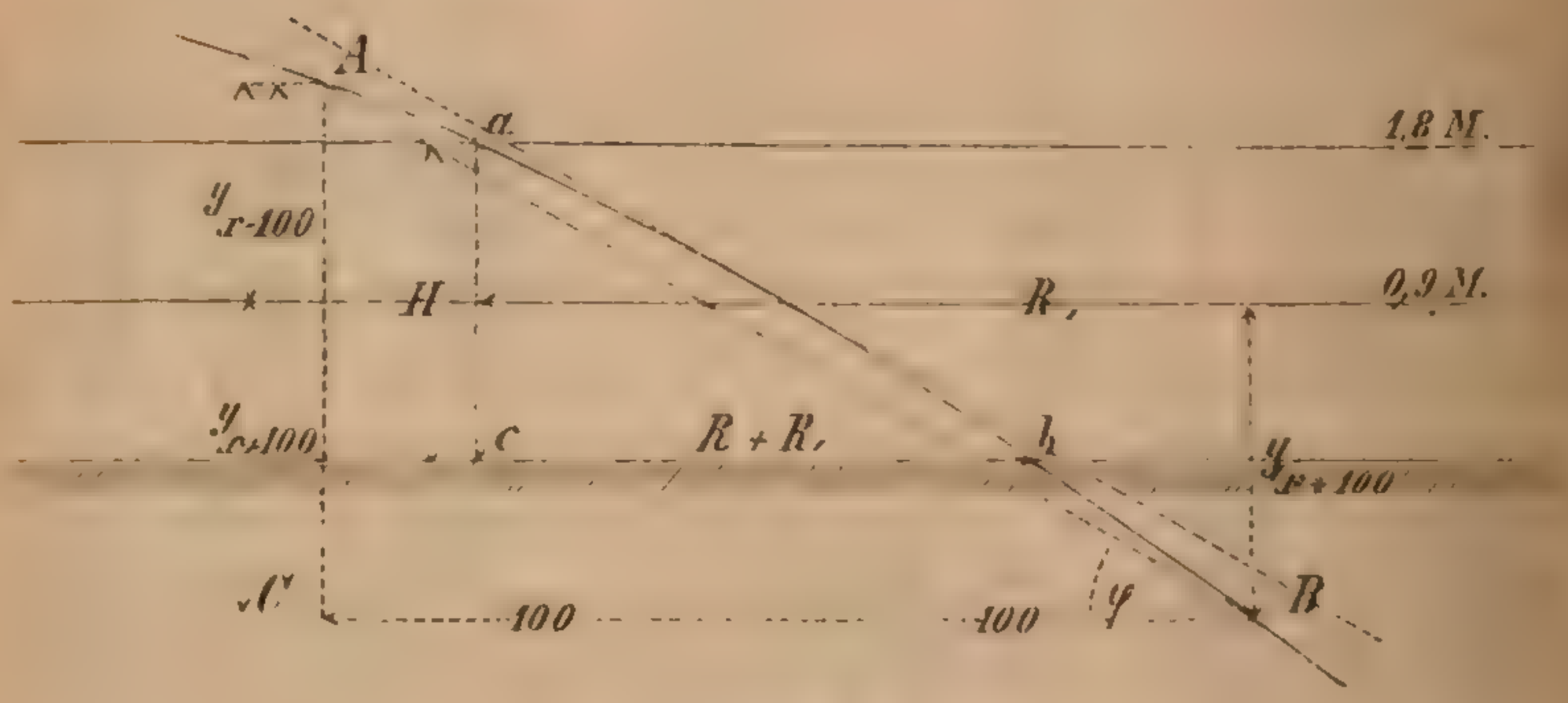


Fig. 47.

Das Archiv für die Offiziere des Königlich Preussischen Artillerie- und Ingenieur-Corps gibt im 58. Bande, 29. Jahrgang nachstehende Gleichungen für die bestrichenen Räume vor und hinter dem Ziel.

Vor dem Ziel

$$R = \frac{x}{2} - \sqrt{\frac{x^2}{4} - \frac{x\,h}{\operatorname{tg}\varphi}} \text{ Meter.} \qquad 23.$$

hinter dem Ziel

$$R_{,} = \sqrt{\frac{x^2}{4} + \frac{x\,h}{\operatorname{tg}\varphi}} - \frac{x}{2} \text{ Meter,} \qquad 24.$$

wenn x die Distanz in Meter, h die Zielhöhe in Meter vor resp. hinter dem Ziel (also 0,9 für den Infanteristen von 1,8 M. vor und hinter dem Ziel und für den Reiter von 2,5 M. hinter dem Ziel, und 1,6 für den Reiter von 2,5 Meter vor dem Ziel

bei der Zielpuncthöhe in beiden Fällen auf 0,9 Meter) und endlich q den Einfallwinkel der Distanz von x Meter bezeichnet.

Genügt es den ganzen bestrichenen Raum nur annähernd zu kennen, so ist

$$R + R_1 = \frac{x}{2}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4\,H}{x\,tg\,q}}\right) \text{Meter etc.,} \quad 25.$$

wenn H die ganze Infanteriehöhe von 1,8 oder die ganze Reiterhöhe von 2,5 Meter bezeichnet.

In der folgenden Tabelle sind die bestrichenen Räume des aptirten Zündnadelgewehrs M/62 vor und hinter dem Ziel nach der Formel 10, gegenüber den Resultaten der Formeln 23 und 24 zusammengestellt:

Distanz in Meter	Bestrichener Raum in Meter gegen den Infanteristen von 1,7 M. Höhe bei einer Anschlaghöhe auf 0,85 M. nach den Formeln					
	10			23	24	
	vor dem Ziel	hinter dem Ziel	Summa	vor dem Ziel	hinter dem Ziel	Summa
300	65,9	29,8	95,7	50,0	37,08	87,08
400	39,7	21,1	60,8	30,90	26,71	57,61
500	27,4	16,8	44,2	21,91	20,14	42,05
600	20,1	13,3	33,4	16,61	15,74	32,35
700	15,5	10,9	26,4	13,12	12,65	25,77
800	12,3	9,1	21,4	10,67	10,39	21,06
900	10,2	7,6	17,8	8,86	8,69	17,55
1000	8,7	6,6	15,3	7,49	7,38	14,87
1100	7,2	5,7	12,9	6,42	6,35	12,77

Wie schon erwähnt, ergeben die aus den Ordinaten hergeleiteten Grössen für die bestrichenen Räume vor dem Ziel die Werthe zu gross. hinter dem Ziel zu klein, während sie sich im Ganzen den präciseren Werthen der Formeln 23 und 24, in welchen das betreffende Endbahnstück nicht als Grade, sondern als Parabel in Rechnung gezogen ist, mehr nähern, insbesondere auf den Entfernungen von 500 bis 600 Meter an.

Die in der vorstehenden Tabelle niedergelegten Werthe, welche sich auf die Resultate der Formeln 23 und 24 gründen, dürften für die präciseren Rechnungen zu empfehlen sein, während die Formel 10 dem Schützen mit der Waffe in der Hand für seine Ueberlegungen hinreichend genügt, insbesondere auf den Distanzen über 500 Meter. —

6. Zusammenstellung der modificirten Formeln des vereinfachten Verfahrens und einiger anderer üblichen Formeln.

1. Die Geschossabgangswinkel.

$$\delta^M = 1{,}777\ \delta^* \text{ Minuten.} \qquad 17.$$

$$\delta^* = 0{,}5625\ \delta^M \text{ Minuten.} \qquad 18.$$

2. Die Einfallwinkel.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{y_{x-100} + y_{x+100}}{150} \text{ Meter} \qquad 19.$$

3. Die Scheitelordinaten.

$$y = 2{,}727\ n\ (\alpha_n^* + \varphi_n^*) \text{ Millimeter.} \qquad 20.$$

4. Die Flugbahnordinaten.

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= \frac{1}{n}\ x \operatorname{tg} \alpha_x - 100 \operatorname{tg} \alpha_1 \text{ Meter.} \\ y_2 &= \frac{2}{n}\ x \operatorname{tg} \alpha_x - 200 \operatorname{tg} \alpha_2 \text{ Meter.} \\ y_3 &= \frac{3}{n}\ x \operatorname{tg} \alpha_x - 300 \operatorname{tg} \alpha_3 \text{ Meter.} \\ &\vdots \\ y_{n-1} &= \frac{n-1}{n}\ x \operatorname{tg} \alpha_x - (n-1)\ 100 \operatorname{tg} \alpha_{(n-1)\ 100} \text{ M.} \end{aligned}\right\} \qquad 21.$$

5. Die bestrichenen Räume.

$$R + R_1 = \frac{200\,H}{y_{x+100} + y_{x-100}} \text{ Meter (v. \& h. d. Z.)} \qquad 22.$$

$$R = \frac{x}{2} - \sqrt{\frac{x^2}{4} - \frac{x\,h}{\operatorname{tg}\varphi}} \text{ Meter (v. d. Z.)} \qquad 23.$$

$$R_1 = \sqrt{\frac{x^2}{4} + \frac{x\,h}{\operatorname{tg}\varphi}} - \frac{x}{2} \text{ Meter (h. d. Z.)} \qquad 24.$$

$$R + R_1 = \frac{x}{2}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4\,H}{x\operatorname{tg}\varphi}}\right) \text{ Meter} \qquad 25.$$

Berichtigungen und Nachträge.

S. 16 unten ist zuzufügen: Die Entfernung von Mündung a und Geschossaufschlag d ist die Total-Schussweite Ad.

S. 17 Fig. 4 fehlt in dem Rechteck in dem sich der Verticalstreifen 20—40 und der Horizontalstreifen Z — 40 schneiden, ein Treffer; ferner ist statt des Buchstabens Z ein T zu setzen.

S. 23, 24 u. 25 sind statt der römischen, arabische Ziffern zur Bezeichnung der Formeln zu setzen.

S. 28 Z. 8 v. oben lies 500 statt 600.

S. 33 in Formel 2 ist statt δ zu setzen δ^{α}

S. 46 unten ist zuzufügen: Auch die Ordinaten des Scheitels bilden eine arithmetische Reihe und zwar der dritten Ordnung.

S. 56 Z. 3 v. unten lies: Distanz von 100 Distanzeinheiten.

S. 62 Z. 5 von unten soll heissen: (v. P. Z. G. S. 100 etc.).

S. 67 Formel 5 muss heissen: $\frac{y_{x-100} + y_{x+100}}{200}$

S. 69 Z. 3 von unten lies: der ermittelten Massstäbe.

S. 94 Formel 12 lies t_x statt tg.

S. 97 Lies Fig. 26.

S. 104 letzte Zeile unten lies Formel 12.

S. 105 lies: 4. Die Coordinaten etc.

S. 112 Z. 8 von oben lies Fig. 27.

S. 113 lies: 2. Querschnitte: 1 M. = 4 mm.

S. 115 Fig. 29 ist ein unrichtiger Stock verwendet; soll sein:

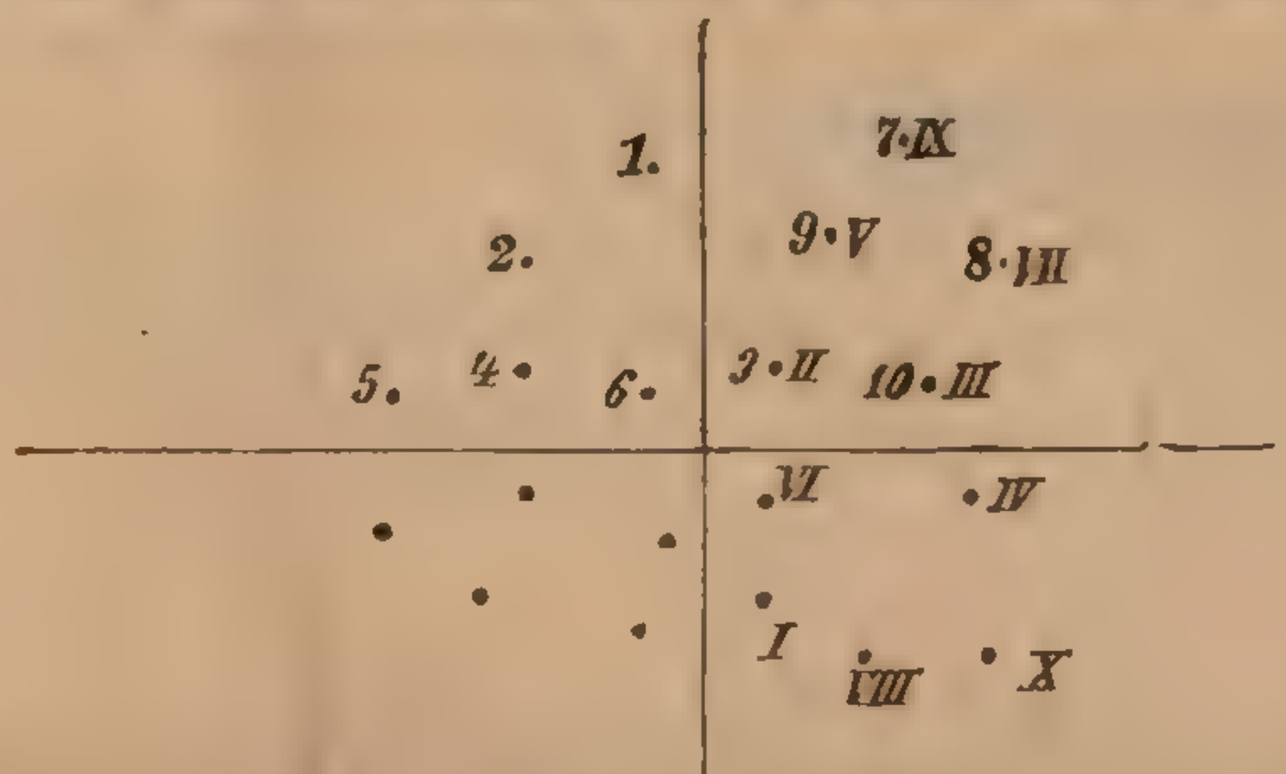
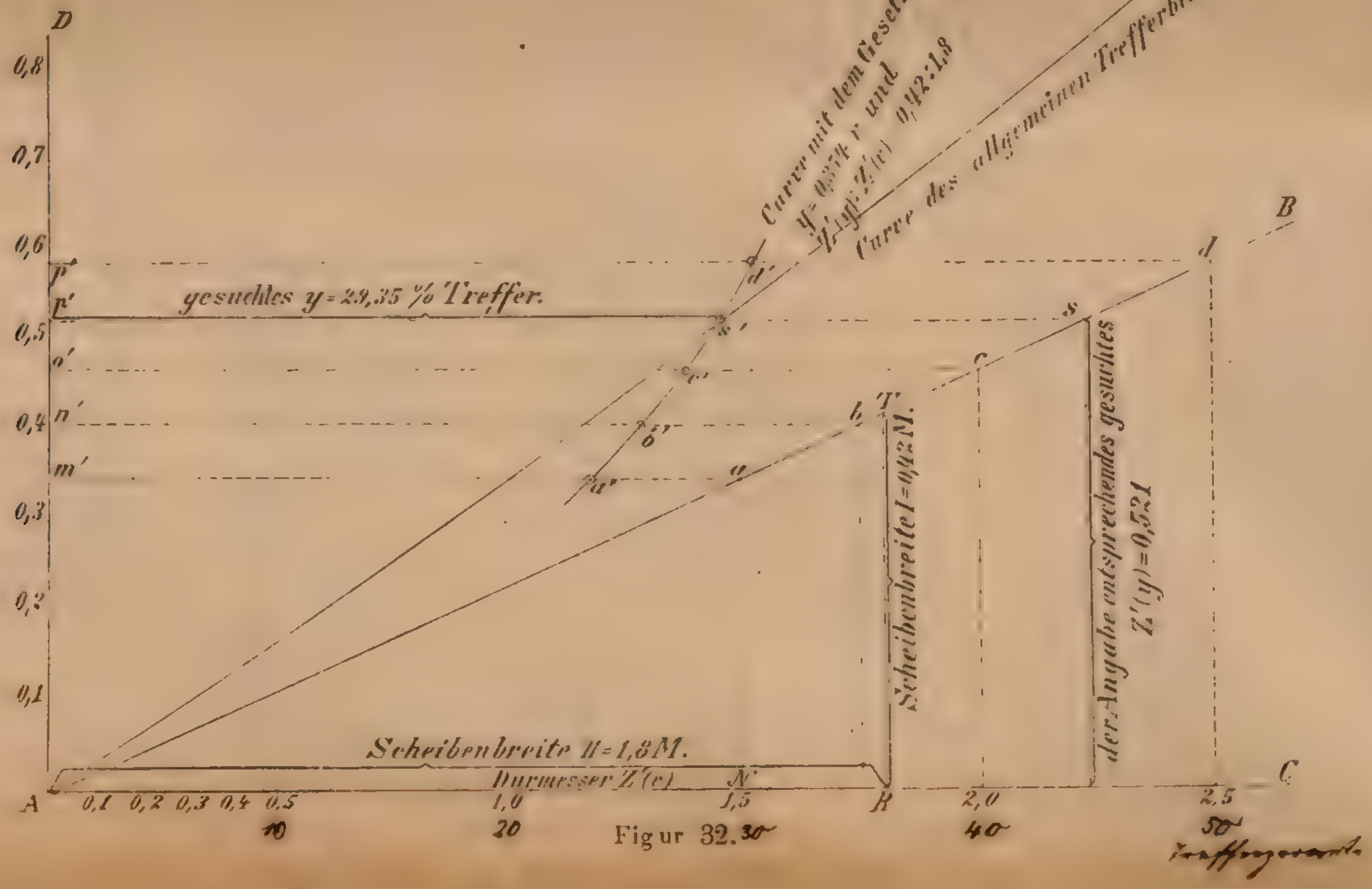


Fig. 29.

S. 127 Z. 11 von oben lies: Bild der Vertheilung der Treffer etc.
„ „ Z. 8 von unten p'' statt p'.
S 132 Z. 8 von oben lies C statt D.
S. 134 } Die Holzschnitte sind nicht vollständig correct ausgefallen, insbesondere
S. 138 } Figur 32 ist wie folgt berichtigt:



Figur 32.

S. 142 müssen die Formeln heissen:

$$Z^2_{0,5} = Z^2_{0,5} + z^2_{0,5}$$

$$Z_{0,5} = \sqrt{Z^2_{0,5} + z^2_{0,5}}$$

$$Z_{0,5} = \sqrt{Z^2_{0,5} - z^2_{0,5}}$$

S. 152. Die Siegfried'sche Tabelle ist auf S. 122 an entsprechender Stelle einzufügen.

S 153 Z. 3 v. u. lies 3 bis 5% Antimon oder bis 8% Zinn.

S. 161 Z. 4 v. u. lies gestrichen Korn.

S. 175 Z. 8 v. u. lies k statt K.

S. 176 Z. 2 v. u. lies $BZ = kd = 2{,}7''$.

„ „ „ 1 „ „ „ $md - kd = km = 102{,}515$ Zoll.

S. 178 Z. 7 v. u. lies Abgangswinkelcurve.

S. 183 ist zu 2. zuzufügen:

Bei den Waffen, deren Verschlussmechanismen nicht symetrisch zur Verticalebene des Schusses sind, erfährt das Geschoss bei seinem Austritt aus der Mündung eine seitliche Abweichung (derivation angulaire initiale), deren Grösse und Richtung von verschiedenen Ursachen abhängt, insbesondere von der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses und der Lauflänge. Sie ist bei den verschiedenen Modellen der Waffen desselben Systems verschieden, wie dies bei dem Gewehr, Karabiner und der Artillerie-Muskete des französischen Modells 1866 constatirt wurde.

Damit die Geschosseinschläge auf allen Entfernungen sich so dicht als möglich um den Zielpunct gruppiren, also die Streuung möglichst gering, die Präcision möglichst gross wird, müssen entweder das Korn oder die verschiedenen Visirkimmen um, durch Versuche festzustellende Beträge seitwärts aus der Verticalebene der Waffe gerückt werden. Damit indessen diese Correcturen so gering als thunlich ausfallen, muss man die durch die Züge erzeugte Derivation des Geschosses im entgegengesetzten Sinne zu der durch die unsymetrische Waffe hervorgerufenen seitlichen Abweichung auftreten lassen, so dass einigermassen eine Compensation eintritt.

Aus diesem Gruude sind bei dem französischen Gewehr und Karabiner Modell 1874 die Züge von rechts über oben nach links gewunden, während bei der Artilleriemuskete desselben Modells die Züge in entgegengesetzter Richtung angeordnet wurden.

Die Beträge, um welche Visir und Korn des französischen neuen Infanterie-Gewehrs Modell 1874 und des aptirten Gewehrs Modell 1866—1874 zur Correctur der seitlichen Abweichung durch die unsymetrische Waffe, aus deren Verticalebene durch die Seelenachse gerückt werden mussten, sind von der Versuchscommission in Vincennes bestimmt worden zu:

Waffe	des Korns	Verrückung in mm. der Visir-Kimme			
		des Fusses desGestells*	der Halte-platte.*	des oberen Gestells	Ende des Schiebers
Gewehr Modell 1874	0	1,7 links	1,3 links	1 3 links	0,8 links
Gew. Modell 1866—1874	0,8 rechts	0,9 „	0,5 „	0,5 „	0

(Siehe Revue d'artillerie, Avril 1876. Berger-Levrault et Cie Nancy 1876: Les armes portatives en France, p. 10 und 11.)

S. 187 Z. 1 u. 2 v. u. lies: C B E und D B H.
S. 188. In Fig. 43 sind die Buchstaben z, z′ und z″ wegzulassen.
S. 189 Zeile 1 v. u. lies: Wenn f, der Betrag der Verrückung der Kimme, etc.
S. 212 in der letzten Formel muss das Vorzeichen des letzten Gliedes rechter Hand — sein.

* Siehe: Das französische Infanterie-Gewehr. Fusil modèle 1874. Beschreibung und Leistung der Waffe von H. Weygand. Berlin. Luckhardt. S. 20 u. 21.

Bayerische Staatsbibliothek

Graphische Darstellung
zur Bestimmung der Flugbahngrössen des deutschen Infanteriegewehrs M/71.

Die Flugbahngrössen des Maximums des bestrichenen Raumes.

	Gegen den Infanteristen	Reiter.
1. Die Schußweite	AC 386 m.	EG 388 m
2. Der bestrichene Raum hinterm Ziel	CD 39 m	GH 37 m
3. Die Totalschußweite	AD 360 m	EH 430 m
4. Der Scheitelpunkt	B	F
5. Der Abgangswinkel	CL 35,5′	GK 43,5′
6. Der Einfallwinkel	LM 46,1	KJ 66,1
7. Der Neigungswinkel	N.o	P.o

Bestimmung der Flugbahngrössen für die Distanz 772 Meter.

1. Der Abgangswinkel	ab	= 131,8 Min. = 2° 11′ 48″
2. Der Einfallwinkel	ac	= 201,0 Min. = 3° 21′ 0″
3. Der Neigungswinkel der Bahn im Schnittpunkt auf		
Mannshöhe von 0,9 M.	ai	= 197,0 Min. = 3° 17′ 0″
Zugehörige Schußweite	iu	= 788 Met.
Reiterhöhe von 1,6 M	ah	= 194,0 Min. = 3° 14′ 0″
Zugehörige Schußweite	hv	= 796,0 Met.
4. Die Scheitel-Ordinate	ad	= 9,30 Met.
5. Die Scheitel-Abscisse	af	= 428 Met.
6. Der bestrichene Raum		
a.) vor dem Ziel:		
gegen Infanterie	bh	= 17 Met. 74
gegen Reiter	bl	= 24 Met.
b.) hinter dem Ziel:		
gegen Beide	bg	= 16 Met.
c.) vor dem Schützen:		
gegen Infanterie	mn	= 24 Met.
gegen Reiter	mx	= 44 Met.
7. Die Totalschußweite		my = 789 Met.

Maafsstab:

der Abscissen:	25 mm = 100 Met.
der Ordinaten	1 mm = 10 cm = 2 Minuten
der Winkel:	1 mm = 2 Minut.
der Scheitelordinaten:	1 mm = 20 Centim.

Met. 40 … 30 … 20 … m … 10 … 8 … 6 … Met. 2 … 4 … 6 … 8 … Met. 10

400 Minut … 300 … 200 … 100 Minut. … 80 … 60 … 40 … 20 Minut. … 20 Minut. … 10 … 60 … 80 … 100 Minut.

0 … 100 … 200 … 300 … 400 … f′ … 500 … 600 … 700 … 772 … 800 … 900 … 1000 … 1100 … 1200 … 1300 … 1400 Met.

Curve der Einfallwinkel

Curve der Scheitel-Ordinaten

Curve der Scheitelabstände

Ende der bestrichenen Raume

Curve der Geschofs-Abgangswinkel

Curve der Neigungswinkel der Bahnen im Schnittpunkt mit Mannshöhe

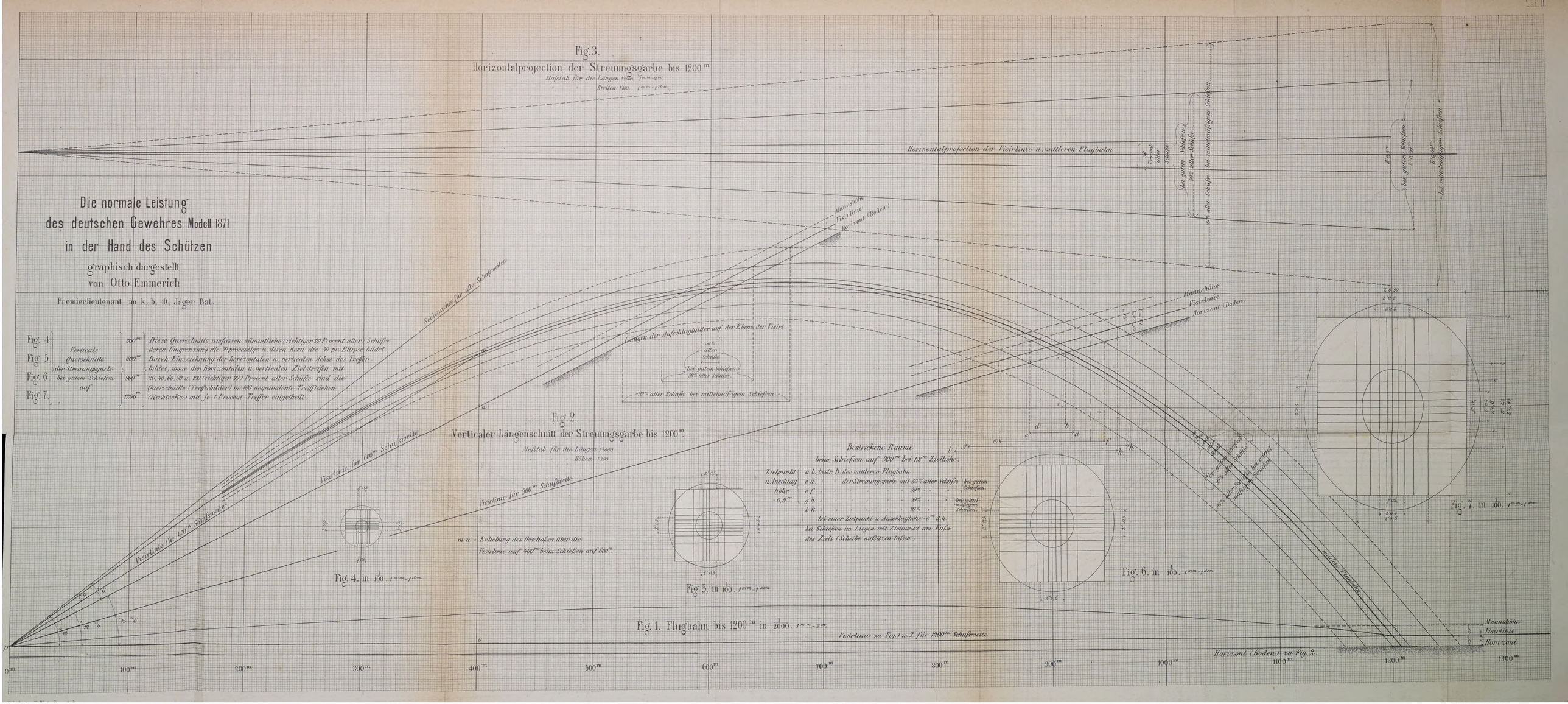
desgl. auf Reiterhöhe

Anfang des bestrichenen Raums gegen den Infanteristen

desgl. gegen den Reiter

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

H. Weygand


Die normale Leistung
des deutschen Gewehres Modell 1871
in der Hand des Schützen
graphisch dargestellt
von Otto Emmerich
Premierlieutenant im k. b. 10. Jäger Bat.
Fig. 3.
Horizontalprojection der Streuungsgarbe bis 1200m
Maßstab für die Längen 1/2000. 1mm = 2m
Breiten 1/100. 1mm = 1 dcm
Horizontalprojection der Visirlinie u. mittleren Flugbahn
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Verticale Querschnitte der Streuungsgarbe bei gutem Schießen auf
300m
600m
900m
1200m
Diese Querschnitte umfassen sämmtliche (richtiger 99 Procent aller) Schüsse deren Umgrenzung die 99 procentige u. deren Kern die 50 pr. Ellipse bildet. Durch Einzeichnung der horizontalen u. verticalen Achse des Trefferbildes, sowie der horizontalen u. verticalen Zielstreifen mit 20, 40, 60, 80 u. 100 (richtiger 99) Procent aller Schüsse sind die Querschnitte (Trefferbilder) in 100 aequivalente Treffflächen (Rechtecke) mit je 1 Procent Treffer eingetheilt.
Mannshöhe
Visirlinie
Horizont (Boden)
Sochenachse für alle Schußweiten
Längen der Aufschlagbilder auf der Ebene der Visirl.
50% aller Schüsse
bei gutem Schießen 99% aller Schüsse
99% aller Schüsse bei mittelmäßigem Schießen
Fig. 2.
Verticaler Längenschnitt der Streuungsgarbe bis 1200m.
Maßstab für die Längen 1/2000
Höhen 1/200
Visirlinie für 600m Schußweite
Visirlinie für 900m Schußweite
Visirlinie für 400m Schußweite
Bestrichene Räume
beim Schießen auf 900m bei 1.8m Zielhöhe.
Zielpunkt u. Anschlaghöhe 0,9m
a b. bestr. R. der mittleren Flugbahn
c d. der Streuungsgarbe mit 50% aller Schüsse bei gutem Schießen
e f. 99%
g h. 99% bei mittelmäßigem Schießen
i k. 99%
bei einer Zielpunkt- u. Anschlaghöhe 0m d. h. bei Schießen im Liegen mit Zielpunkt am Fuße des Ziels (Scheibe aufsitzen lassen.)
m n = Erhebung des Geschosses über die Visirlinie auf 400m beim Schießen auf 600m.
Fig. 4. in 1/100. 1mm = 1 dcm
Fig. 5. in 1/100. 1mm = 1 dcm
Fig. 6. in 1/100. 1mm = 1 dcm
Fig. 7. in 1/100. 1mm = 1 dcm
Fig. 1. Flugbahn bis 1200m in 1/2000. 1mm = 2m
Visirlinie zu Fig. 1 u. 2 für 1200m Schußweite
Horizont (Boden) zu Fig. 2.
0m
100m
200m
300m
400m
500m
600m
700m
800m
900m
1000m
1100m
1200m
1300m

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Weygandt, Herrmann

Die modernen Ordonnanz-Präcisionswaffen der Infanterie Ihre Entwicklung, Construction, Leistung u. ihr Gebrauch als Leitfaden zur Kenntnis d. Handfeuerwaffen f. Officiere, Kriegs- und Schiess-Schulen d. praktischen Bedürfnisse entsprechend zsgest
Bd.: 3

Berlin [u.a.] 1876

App.mil. 222 u-1/3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11331018-6